

Die Struktur
der menschlichen Hautoberfläche
in verschiedenen Altersstufen

Rasterelektronenmikroskopische
Untersuchung mit Hilfe
der Replica-Methode

Elisabeth Kampik

*Diss
München
1986*



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554610_0076

Aus der Dermatologischen Klinik und Poliklinik der
Universität München

Direktor: Prof.Dr.med.Dr.h.c. O. Braun-Falco

DIE STRUKTUR DER MENSCHLICHEN HAUTOBERFLÄCHE
IN VERSCHIEDENEN ALTERSSTUFEN
RASTERELEKTRONENMIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNG
MIT HILFE DER REPLICA-METHODE

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Elisabeth Kampik
aus
Dillingen an der Donau
1985

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof.Dr.med.Dr.h.c. O. Braun-Falco

Dekan: Prof.Dr.med. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 11. März 1986

Meinen Eltern in Dankbarkeit

<u>Inhalt</u>	Seite
A. Einleitung	1
B. Methodisches Vorgehen	2
I. Abdruckmaterialien	2
1. Negativabdruckmaterialien	2
2. Materialien für das Replicon	3
II. Beschreibung der Replica-Methode	4
1. Anfertigung des Negativabdrucks	4
2. Anfertigung des Replicons	6
3. Rasterelektronenmikroskopische Untersuchung	7
III. Genauigkeit der verwendeten Replica-Methode	8
1. Validität	8
2. Reliabilität	8
3. Vergleich der Aussagekraft des Rasterelektronen-	
mikroskops mit der des Lichtmikroskops	9
IV. Auswahl der Versuchspersonen und der Hautregionen	9
C. Ergebnisse der Vorversuche	10
I. Auswahl der Materialien	10
1. Negativabdruckmaterialien	10
2. Materialien für das Replicon	11
II. Genauigkeit der verwendeten Replica-Methode	12
1. Validität	12
2. Reliabilität	13
3. Artefakte	14
4. Vergleich der Aussagekraft des Rasterelektronen-	
mikroskops mit der des Lichtmikroskops	15
D. Das Relief der untersuchten Hautregionen unter	
Berücksichtigung altersspezifischer Unterschiede	16
I. Anatomische Vorbemerkungen	16
1. Leistenhaut	16
2. Felderhaut	16
II. Leistenhaut	16
1. Mittelfingerbeere	16
2. Daumenballen	18

III. Felderhaut	19
1. Hautanhangsgebilde in der Felderhaut	19
a) Haare	19
b) Schweißdrüsen	20
2. Hautpartien ohne Bezug zu den Gelenken	20
a) Handrücken	20
b) Unterarm	22
α) Streckseite	22
β) Beugeseite	22
c) Unterschenkel	24
α) Schienbein	24
β) Wade	24
d) Periumbilicale Region	25
e) Stirn	25
3. Streckseiten der Gelenke	27
a) Ellbogen	27
b) Kniescheibe	27
4. Beugeseiten der Gelenke	28
a) Ellenbeuge	28
b) Kniekehle	29
c) Achsel	30
E. Diskussion	32
I. Überblick über die bisherigen Methoden zur Darstellung der Hautoberfläche	32
II. Vorliegende Erkenntnisse über regionale und alters- spezifische Unterschiede des Hautoberflächenreliefs	34
1. Regionale Unterschiede	34
a) Grob- und Feinrelief	34
b) Hornzellen	36
c) Hautanhangsgebilde	37
α) Haare	37
β) Ekkrine Schweißdrüsen	38
βα) Ekkrine Schweißdrüsen der Leistenhaut	38
ββ) Ekkrine Schweißdrüsen der Felderhaut	38
2. Altersspezifische Unterschiede	40
a) Grob- und Feinrelief	40
b) Hornzellen	41

c) Hautanhangsgebilde	41
α) Haare	41
β) Ekkrine Schweißdrüsen	41
III. Diskussion der eigenen Ergebnisse	42
1. Regionale Unterschiede	42
a) Grob- und Feinrelief	42
b) Hornzellen	44
c) Hautanhangsgebilde	46
α) Haare	46
β) Ekkrine Schweißdrüsen	46
βα) Ekkrine Schweißdrüsen der Leistenhaut	46
ββ) Ekkrine Schweißdrüsen der Felderhaut	47
γ) Apokrine Schweißdrüsen	48
2. Altersspezifische Unterschiede	48
a) Grob- und Feinrelief	48
b) Hornzellen	50
c) Hautanhangsgebilde	50
α) Haare	50
β) Ekkrine Schweißdrüsen	51
F. Abbildungsverzeichnis	52
Abbildungen	54
G. Zusammenfassung	61
H. Literaturverzeichnis	63

A. Einleitung

Die Hautoberfläche ist für verschiedene Wissensgebiete von Interesse, nicht nur für die Dermatologie, sondern zum Beispiel auch für Kriminalistik, Pharmazie, Hautphysiologie und Kosmetik.

Eine gute Möglichkeit, den augenblicklichen Zustand des Hautreliefs zu dokumentieren (was beispielsweise für die Beurteilung des Verlaufs einer Hautkrankheit wichtig sein kann), bietet die Replica-Methode (englisch: replication = Nachbildung), die erstmals 1962 von J.Sarkany für die Haut verwendet wurde.

Man versteht hierunter folgendes Vorgehen:

Mithilfe einer speziellen Masse wird ein Abdruck von der zu untersuchenden Hautstelle angefertigt. Dieses Negativ wird mit einer zweiten Substanz abgegossen. Dadurch erhält man das positive Abbild dieser Hautregion, ein Replicon, das anschließend unter der Lupe oder im Rasterelektronenmikroskop genau betrachtet und fotografiert werden kann. Für den Gebrauch in der Dermatologie muß ein Hautreplicon hohen Ansprüchen bezüglich der Genauigkeit der Detailwiedergabe genügen. Im Idealfall sollen Haut und Replicon selbst bei hoher Vergrößerung identisch sein.

Wieweit dieses Ziel erreichbar ist, hängt nicht zuletzt von den verfügbaren Materialien ab.

Die Ziele dieser Arbeit waren:

1. Geeignete Materialien für die Anfertigung von Hautreplica auszuwählen und die Genauigkeit der verwendeten Replica-Methode zu überprüfen;
2. regionale und altersspezifische Unterschiede des menschlichen Hautreliefs zu untersuchen.

B. Methodisches Vorgehen

I. Abdruckmaterialien

1. Negativabdruckmaterialien

Die acht wichtigsten Forderungen an ein Material, mit dem Hautabdrücke angefertigt werden, sind folgende:

- Unschädlichkeit und gute Verträglichkeit;
- kein für den Patienten unangenehmer Geruch;
- einfache Verarbeitung;
- keine Wärmeentwicklung auf der Haut;
- angemessene Abbindezeit;
- gute Detailwiedergabe;
- hohe Dimensionstreue;
- Kompatibilität mit dem Modellwerkstoff (= Material des Replicons).

Diesen Forderungen werden am besten die erprobten Abformwerkstoffe der Zahnheilkunde gerecht, deren geringes allergisierendes und irritatives Potential von der Mundschleimhaut her bekannt ist.

Unter anderem haben sich Zinkoxid-Eugenol-Pasten, Agar-Agar, Polyäther und Silikone als gute dentale Abformwerkstoffe bewährt. Die ersten beiden lassen sich nicht mit Epon 812 (siehe C I.2) ausgießen, Polyäther verursacht gelegentlich allergische Hautreaktionen (46).

Silikone zählen in der Werkstoffkunde zu den irreversibel-elastischen Abformmassen. Chemisch gesehen sind sie Polysiloxane, die unter Zugabe eines Härters polykondensieren und dadurch vom plastischen in den elastischen Zustand übergehen. Die Härter enthalten meist tetrafunktionelle Äthylsilikate, die für die Verzweigung der Polysiloxane verantwortlich sind, und organische Zinkverbindungen, die katalytisch wirken (14).

Eine Polykondensation ist dadurch gekennzeichnet, daß - im Gegensatz zu Polymerisation und Polyaddition - niedermolekulare Reaktionsnebenprodukte entstehen: Im Falle der Silikone entweicht Alkohol, der bei der Aufbewahrung des Ab-

druckes verdunstet und somit eine leichte Kontraktion bewirkt. Bei leichtfließenden Silikonen ist in den ersten 24 Stunden mit einer linearen Schrumpfung um bis zu 1,2% zu rechnen (14).

Seit 1976 sind auch additionsvernetzende Silikone auf dem Markt (z.B. Permagum, Firma Espe), bei denen praktisch keine Schrumpfung beim Abbinden auftritt.

Für diese Studie ist die Detailwiedergabe wichtiger als die Dimensionstreue, da Schrumpfungen um 1% hier nicht von Bedeutung sind. Für die Detailwiedergabe ist die Viskosität des Materials mitentscheidend. Je niedriger die Viskosität, desto besser kann die Abformmasse in alle Feinheiten fließen und die Details abbilden.

Deshalb wurden in einem Vorversuch niedrig visköse Silikone auf ihre Detailwiedergabe geprüft, indem von jedem Produkt Negativabdrücke vom Handrücken einer Versuchsperson angefertigt wurden; diese wurden anschließend unter der Lupe und im Rasterelektronenmikroskop studiert und verglichen.

2. Materialien für das Replicon

Die Forderungen an ein Material, mit dem sich ein gutes Positiv anfertigen läßt, sind wie folgt:

- Gute Detailwiedergabe;
- hohe Dimensionstreue;
- Kompatibilität mit dem Negativabdruckmaterial;
- lange Lagerfähigkeit.

Folgende drei Materialien wurden überprüft:

- Der japanische Superhartgips Fujirock der Firma Carl Schöps, Dental-Gips-Präparate, Osterode;
- der Acetylcellulosefilm Bioden der Firma Kontron, München;
- das Epoxidharz Epon 812 der Firma Serva Feinbiochemica, Heidelberg.

Es wurden von diesen drei Materialien jeweils Replica von Xantopren plus-Negativen angefertigt und im Rasterelektronenmikroskop verglichen.

II. Beschreibung der Replica-Methode

Die einzelnen Schritte der Replica-Methode wurden in folgender Weise ausgeführt:

1. Anfertigung des Negativabdruckes

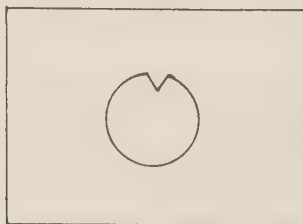
a) Präparation der Haut:

Für den Erstabdruck wird die ausgewählte Hautstelle zuerst mit Wasser - wenn nötig, auch mit Seife - gereinigt, um Staub und Schmutz zu entfernen. An stark behaarten Regionen werden zusätzlich die Haare gekürzt, am besten mit einer nach oben gebogenen Schere. Es kann auch eine Rasierklinge verwendet werden; dabei besteht allerdings die Gefahr, die Hautoberfläche aufzurauen.

b) Markierung der Lokalisation:

Hierzu wird eine Schablone verwendet: Aus einer einseitig klebenden Folie, die sich leicht wieder von der Haut lösen läßt, schneidet man einen Kreis von 12mm Durchmesser (das entspricht in Größe und Form dem speziellen Rasterelektronenmikroskop-Objektträger) aus, läßt jedoch eine kleine Spitze in Richtung Kreismitte ragen. - Mit dieser Schablone wird die unmittelbare Umgebung der zu untersuchenden Hautstelle so abgeklebt, daß die Spitze nach kranial zeigt. Damit ist die Lage des Abdrucks eindeutig markiert, und man kann dann auf dem Negativ wie auf dem Positiv bestimmen, wo oben und unten, rechts und links ist. - Außerdem erleichtert die Schablone das Abheben des Abformmaterials von der Haut.

Schablone:



c) Vorbereitung der Abdruckmaterialien:

Beim Anmischen des Silikons für den Erstabdruck ist besonders darauf zu achten, daß nicht zuviel Aktivator verwendet wird, da sonst die Masse zu schnell abbindet, und der Abdruck ungenau wird. Als Dosierung für Xantopren plus hat sich bewährt, die Masse in einer Strichlänge von zwei Teilstreichen auf der von der Firma speziell dafür vorgesehenen Dosierskala aus der Tube auszudrücken und mit vier Tropfen Härter (Elastomer-Aktivator-Liquid) zu mischen. Diese Menge reicht für zwei Abdrücke.

Weiterhin ist es wichtig, die Masse luftblasenfrei anzurühren. Dazu wird mit der Spitze eines metallenen Spatels das Abformmaterial grob vermengt. Anschließend wird die Masse mit der ganzen Länge des Spatels auf dem Anmischblock dünn ausgestrichen und dann wieder zusammengeschoben. Letzteres wird mehrmals wiederholt, damit sich die Komponenten homogen vermengen. Der Mischvorgang darf nicht länger als 30 Sekunden dauern, um ein vorzeitiges Abbinden zu verhindern.

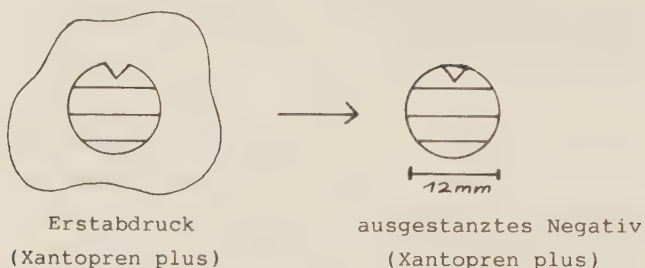
d) Abdruck:

Die Masse wird nun schnell mit dem Spatel auf die vorbereitete Hautstelle von einer Seite her gleichmäßig ausgestrichen. Hierbei sollten keine Luftblasen mit eingeschlossen werden.

Auf den noch flüssigen Abdruck legt man ein kleines Blatt (am besten vom Anmischblock). Dadurch bekommt die Rückseite des Negativs eine ebene Oberfläche, was das Einlegen des Negativs in die Gießform erleichtert.

Bei Raumtemperatur (25°C) ist der Abdruck nach etwa vier Minuten abgebunden, und er kann abgenommen werden. Dazu löst man die Schablone - und damit gleichzeitig den Negativabdruck - vorsichtig von der Haut. Der Vorteil dieses Verfahrens ist, daß das Negativ hierbei mechanisch nur wenig beansprucht wird. Anschließend läßt sich die Folie problemlos vom Abdruck trennen und das gewünschte Areal mit einem Kupferring (der normalerweise in der Zahnheilkunde Verwendung findet) ausstechen. Dieser Kupferring hat ebenfalls

einen Durchmesser von 12mm.



Bis zum Gießen wurde mindestens 12 Stunden gewartet, um eine Nachhärtung des Silikons zu gewährleisten.

2. Anfertigung des Replicons

Für den Gießvorgang mit Epon 812 wird ein Förmchen gebastelt. Dazu eignet sich ein Rasterelektronenmikroskop-Objektträger, um den ein relativ dickwandiger Silikonschlauch gestülpt wird, dessen Lumen ca. 12mm und dessen Höhe etwa 1cm beträgt. Dieser dichtet die Form nach unten ab, so daß das Epoxidharz nicht ausfließen kann. Da der Schlauch außerdem etwas durchsichtig ist, kann man genau sehen, wieviel man einfüllt. In dieses Förmchen legt man das ausgestanzte Negativ mit der Reliefseite nach oben und gießt das dünnflüssige Epon 812 gleichmäßig, an einer Seite beginnend, darüber. Das Epoxidharz soll die Luft vor sich herschieben, so daß diese nicht eingeschlossen wird und so Artefakte hervorruft. Das Gießen kann mithilfe einer Spritze oder mit einem Glasstab ausgeführt werden. (Siehe Skizze S.7).

Anschließend wird das Ganze bei 60°C für mindestens 12 Stunden in den Wärmeschrank gegeben. Das Epoxidharz benötigt diese Zeit, um vollständig auszuhärten.

Nach dieser Zeit werden Schlauch und Objektträger entfernt. Negativ und Positiv müssen vorsichtig voneinander getrennt werden, damit z.B. die feinen Haare, die ja jetzt aus Harz bestehen, nicht abbrechen.

Das Positiv wird dann mit Klebstoff auf einen speziellen Rasterelektronenmikroskop-Objektträger geklebt. Am besten

bewährte sich "Pattex compact" der Firma Henkel. Dieser Klebstoff gewährleistet eine gute Verbindung, benötigt allerdings einige Stunden, um vollständig auszuhärten. Um das Negativ im Rasterelektronenmikroskop zu untersuchen, wird es mit einem speziellen Elastomer Adhäsiv auf dem metallenen Rasterelektronenmikroskop-Objektträger befestigt. Verwendet wurde Permagem Adhesive der Firma Espe, Seefeld/Obb.

Herstellung des Replicons



3. Rasterelektronenmikroskopische Untersuchung

Zur rasterelektronenmikroskopischen Untersuchung wurden alle Proben vorher mit einer $300\text{\AA}$ dicken Goldschicht bedampft. Hierzu wurde ein Rasterelektronenmikroskop-Beschichtungsgerät "11HD" der Firma Polaron verwendet.

Diese Arbeit wurde an den Rasterelektronenmikroskopen "Stereo-scan" (Typ 96113 Mark 2A) der Firma Cambridge Scientific Instruments Ltd. (Auflösungsvermögen $500\text{-}150\text{\AA}$) und JSM-35CF der Firma Jeol Ltd. (Auflösungsvermögen $50\text{\AA}$) durchgeführt. Entsprechend der am Rasterelektronenmikroskop eingestellten

Vergrößerung und des Kippwinkels wurden anhand eines vom Hersteller angegebenen Maßstabes die Größenangaben für die untersuchten Hautstrukturen bestimmt.

III. Genauigkeit der verwendeten Replica-Methode

Die Genauigkeit der verwendeten Replica-Methode wurde unter verschiedenen Gesichtspunkten geprüft. Prinzipiell ist es wichtig zu wissen

- erstens, ob dabei die untersuchte Hautstelle originalgetreu abgebildet wird (Validität);
- zweitens, ob das Ergebnis reproduzierbar ist, unabhängig davon, wie oft hintereinander ein Hautabdruck angefertigt wird (Reliabilität);
- drittens, mit welchen Artefakten zu rechnen ist (siehe C II.3).

1. Validität

Um zu prüfen, ob das Replicon mit dem jeweiligen Original identisch ist, wurden drei Materialien ausgewählt und jeweils Original und Replicon im Rasterelektronenmikroskop verglichen: Ein metallener Rasterelektronenmikroskop-Objektträger, die getrocknete, abgelöste Hornschicht der Decke einer Druckblase von dem Kleinfingerballen einer Versuchsperson, und ein menschliches Haar.

2. Reliabilität

Da bei der Herstellung der Präparate zwei Schritte erforderlich sind, nämlich die Anfertigung des Negativ- und des Positivabdruckes, muß die Reliabilität bei beiden Arbeitsgängen untersucht werden. Deshalb wurden von einer identischen Hautstelle mehrmals hintereinander Abdrücke angefertigt. Ferner wurden von einem Negativ nacheinander mehrere Positive gegossen.

3. Vergleich der Aussagekraft des Rasterelektronen- mikroskops mit der des Lichtmikroskops

Auf der Suche, dieses Replicon-Verfahren zu vereinfachen, wurden Fotografien aus dem Rasterelektronenmikroskop solchen gegenübergestellt, die mit dem Auflichtmikroskop "Tessovar" der Firma Zeiss aufgenommen wurden.

IV. Auswahl der Versuchspersonen und der Hautregionen

Bei sechs Versuchspersonen aus drei Altersstufen wurden jeweils vierzehn verschiedene Hautregionen untersucht. Die Altersverteilung der Versuchspersonen war wie folgt:

♀	♂
6 Jahre	4 Jahre
27 Jahre	24 Jahre
68 Jahre	84 Jahre

Die Negativabdrücke wurden bei allen Personen jeweils in der Mitte des angegebenen Hautareals und in gleicher Weise abgenommen:

- die Mittelfingerbeere und der Daumenballen bei gestreckter Hand;
- Handrücken in lockerer Handstellung;
- Unterarm (Streck- und Beugeseite) und Unterschenkel (Schienbein und Wade) bei gestreckter Extremität;
- Stirn (Mitte) und periumbilicale Region (etwa 3cm rechts oder links vom Nabel) im Liegen auf dem Rücken;
- Streckseiten der Gelenke (Ellbogen und Kniekehle) bei Beugung des Gelenkes um ca. 60°;
- Beugeseiten der Gelenke (Ellenbeuge, Kniekehle und Achsel) bei gestrecktem Gelenk.

Alle Versuchspersonen waren über die an ihnen vorgenommene Untersuchung aufgeklärt; sie gaben ihr Einverständnis mündlich.

C. Ergebnisse der Vorversuche

I. Auswahl der Materialien

1. Negativabdruckmaterialien

Die Detailwiedergabe wurde bei den Produkten als gut beurteilt, die die Umrisse der Hornzellen erkennen ließen und wenig Artefakte hervorriefen. Eine weniger gute Detailwiedergabe bedeutet, daß die Hornzellen nicht dargestellt wurden, und/oder das Material beim Anmischen mit der Hand zum leichten Schäumen neigte.

Handelsname	Hersteller	Detailwiedergabe bei Haut-Replica
Correctur blau-spezial	Lindauer Zähne GmbH, Wasserburg	weniger gut
Dentalmasse VP-D 7731	Wacker-Chemie GmbH, Burghausen	weniger gut
Panasil	Kettenbach, Eschenburg	weniger gut
Permagum Mittlere Konsistenz	Espe, Seefeld/Obb.	weniger gut
Silasoft N	Detax Karl Huber KG, Karlsruhe	weniger gut
Silflo	J.&S.Davis Ltd, London	gut
Xantopren blau	Bayer, Leverkusen	weniger gut
Xantopren plus	Bayer, Leverkusen	gut

Silflo (48) zeigte im Rasterelektronenmikroskop bei 1000-facher Vergrößerung stärkere Schrumpfungsspuren.

Im Vorversuch wurde Xantopren plus als gut geeignet ermittelt. Es entspricht den Forderungen der American Dental Association (ADA-Spezifikation Nr.19, Typ II niedrigviskös (1)). Der Hersteller gibt in diesem Zusammenhang folgende Eigenschaften an:

Konsistenz: 50mm

Detailwiedergabe: 20µm

Dimensionsänderung: 0,6%

Die Konsistenz ist ein Maß für die Fließfähigkeit und damit für die Viskosität (14). Je höher die Konsistenz ist, desto niedriger ist die Viskosität. Xantopren plus besitzt eine

relativ hohe Konsistenz.

Die Dimensionsänderung von 0,6% ist bedingt durch die Abbindeschrumpfung und durch die thermische Kontraktion, die dadurch entsteht, daß die Hautoberfläche eine etwas höhere Temperatur als die Umgebung hat. Durch schnelles Ausgießen kann eine weitere Schrumpfung vermieden werden. Eine bleibende Deformierung ist bei den Hautabdrücken nicht zu erwarten, da beim Entfernen des Negativs von der Haut keine Kompression des Materials erfolgt (wie z.B. bei Gebißabformungen), und die elastischen Eigenschaften (Rückstellvermögen) nur wenig beansprucht werden.

Nach diesem Ergebnis wurden die folgenden Untersuchungen mit Xantopren plus durchgeführt.

2. Materialien für das Replicon

Obwohl der japanische Superhartgips als hervorragendes Material für Modelle in der Zahnheilkunde bekannt ist, reicht seine Detailwiedergabe nicht aus, um das feine Hautrelief von den Silikonen abzubilden. Bei 1000-facher Vergrößerung erkennt man im Rasterelektronenmikroskop deutlich die Gipskristalle.

Der Acetylcellulosefilm Bioden (18) gewährleistet eine gute Detailwiedergabe, verzieht sich aber leicht bei der Verarbeitung.

Aus dem Epoxidharz Epon 812 (48) erhält man ein formbeständiges Replicon, das praktisch für immer aufgehoben werden kann. Epon 812 läßt sich leicht und ohne Rückstände von Xantopren plus lösen; die Detailwiedergabe, d.h. die Übereinstimmung von Original und Replicon (vgl. C II.1), ist gut. Für die weiteren Versuche wurde Epon 812 verwendet.

Es besteht aus einem Gemisch aus di- und tri-Epoxiden mit einer Viskosität von 1,50-1,70 poise. Um es härtungsfähig zu machen, müssen spezielle Reaktionsmittel derselben Firma (Epon 1001 p.A., Epon Härter DDAS, Epon Härter MNA und Eponbeschleuniger DMP-30) zugegeben werden.

Die Härtung, das ist die chemische Vernetzung dieser Polyadditionskunststoffe, erfolgt im Wärmeschrank bei 60°C, wo

die Präparate mindestens 12 Stunden verbleiben. Die gewonnenen Duroplaste härten anschließend noch nach. Nach Angaben der Firma Serva Feinbiochemica sollte aufgrund der hautreizenden und potentiell carcinogenverdächtigen Eigenschaften des noch flüssigen Epon 812 jeglicher Hautkontakt vermieden werden. Es empfiehlt sich die Verwendung von Fingerhandschuhen.

II. Genauigkeit der verwendeten Replica-Methode

1. Validität

Sowohl bei dem metallenen (Rasterelektronenmikroskop-Objektträger) als auch bei dem organischen Material (getrocknete Hornschicht der Decke einer Druckblase; ein menschliches Haar) stimmten Original und Replicon überein.

Bis zu $1\mu\text{m}$ breite Rillen des Rasterelektronenmikroskop-Objektträgers werden genau abgebildet, was bei 1000-facher Vergrößerung deutlich erkennbar wird. Das heißt, daß die vom Hersteller für Xantopren plus angegebene Detailwiedergabegenauigkeit von $20\mu\text{m}$ weit übertroffen wird (vgl. C I.1).

An der Blasendecke zeigt sich die Grenze der Genauigkeit der verwendeten Methode für organisches Material. Ab 500-facher Vergrößerung kann auf dem Original das Oberflächenrelief der einzelnen Hornzelle, meist eine feine Riffelung, erkannt werden. Diese feinen Strukturen befinden sich auf dem Replicon nur andeutungsweise, da sie kleiner als $1\mu\text{m}$ sind und damit unterhalb der Detailwiedergabegenauigkeit von Xantopren plus liegen.

Die größte Längenausdehnung der Corneozyten beträgt $30\text{--}34\mu\text{m}$ (86). Da sie aber auf dem Replicon bei einer 500-1000-fachen Vergrößerung gut voneinander abzugrenzen sind, halte ich diese Vergrößerung noch für sinnvoll. Für eine genaue Beurteilung des Oberflächenreliefs der Hornzellen ist die Replica-Methode nicht geeignet.

Anzumerken ist, daß die Cuticula, deren Oberfläche sehr glatt ist, bei einem einzeln ausgerissenen Haar weitaus

besser abgebildet wird als bei den Haaren, die bei einem Hautabdruck in das Xantopren plus hineinragen und dort, im Negativ, einen dünnen Kanal hinterlassen. Da das betreffende Körperteil von der Versuchsperson nie ganz ruhig gehalten werden kann (z.B. wegen des Muskeltonus oder der Durchblutung), bewegt sich das Haar während des Festwerdens des Xantopren plus minimal in seinem Kanal und verzerrt somit die Abdruckgenauigkeit.

2. Reliabilität

Wenn man von einer identischen Hautstelle mehrmals hintereinander Abdrücke anfertigt, so zeigen die gewonnenen Positive im Rasterelektronenmikroskop jeweils das gleiche Relief (bis zu 500-facher Vergrößerung), außer, wenn echte Hornzellen am Xantopren plus hängen bleiben.

Obwohl Xantopren plus nicht auf der Haut klebt, und es sich gut von ihr entfernen läßt, werden manchmal locker auf der Haut liegende Hornzellen oder Hornzellverbände mitabgenommen (mithilfe einer UV-Lampe können sie auf dem Negativ als hell leuchtende Schüppchen erkannt werden). Diese Hornzellen haften entweder fest auf dem Negativabdruck und zeigen dann auf dem Replicon ihre Unterseite, oder sie lösen sich vom Xantopren plus, bleiben am Epoxidharz kleben, und zeigen dann ihre äußere Oberfläche. Außen- und Unterseite lassen sich allerdings nicht voneinander unterscheiden. Da sie in beiden Fällen ein unregelmäßigeres Mikrorelief besitzen als die restliche Oberfläche des Abdrucks, erkennt man sie im Rasterelektronenmikroskop sofort.

Wenn man von einem Negativ nacheinander mehrere Positive gießt, so bieten die einzelnen Replica im Rasterelektronenmikroskop immer wieder dasselbe Relief (bis zu 1000-facher Vergrößerung). Es muß allerdings angemerkt werden, daß die rasierten Haare in unterschiedlicher Länge auf den Positiven erscheinen. Die Ursache dafür liegt im Trennen von Negativ und Positiv (siehe B II.2). Hierbei brechen die feinen Haare, die aus Epoxidharz bestehen, leicht ab.

3. Artefakte

Bei der Herstellung des Replicons können Artefakte entstehen, was durch sorgfältiges Arbeiten allerdings weitgehend vermieden werden kann.

Bei den Vorbereitungen ist darauf zu achten, daß keine Schmutzpartikel auf der Haut liegen und dann mit abgebildet werden, und daß die Hautoberfläche durch das Rasieren keine Mikroverletzungen erleidet (siehe B II.1).

Auf die Übertragung von Hornzellen auf Xantopren plus wurde bereits hingewiesen (siehe C II.2).

Wird das Xantopren plus nicht vorschriftsmäßig angerührt, können kleinste Luftblasen in die Masse geraten, die ab 1000-facher Vergrößerung sichtbar werden.

Beim Auftragen des Abdruckmaterials auf die Haut können Luftblasen miteingeschlossen werden, wenn es nicht gelingt, beim Aufstreichen der Masse die Luft "wegzuschieben". Dies wäre denkbar bei tiefer liegenden Stellen, wie Haarfollikel und Kreuzungspunkte der Hautfurchen, wo das Material eine etwas längere Zeit benötigt, um dort alles auszukleiden, als für die oberflächlichen planen Strukturen.

Solche Artefakte lassen sich bei dieser Replica-Methode nicht von den viel wahrscheinlicheren Schweißperlen unterscheiden (vgl. E II.1c8).

In beiden Fällen zeigen sich kugelförmige Gebilde auf dem Replicon, deren Entstehungsweise in folgender Skizze dargestellt wird:

Negativ:



Xantopren plus

Haut

Positiv:



Epon 812

Die gestrichelte Linie gibt an, daß im Falle von Schweiß eine Verbindung zu einem Schweißdrüsenausführungsgang anzunehmen ist, während bei Lufteinschluß die sonstige Hautoberfläche den Boden bildet.

Die Luftblasenartefakte lassen sich trotz sorgfältigem Ausstreichen des Xantopren plus nicht immer vermeiden, da der Negativabdruck an der Haut einer Versuchsperson nicht im Vakuum durchgeführt werden kann.

Auch während des Gießens ist sehr auf Sauberkeit zu achten, um Staubpartikel fern zu halten.

Das Negativ muß exakt ausgestanzt werden. Ist es zu groß, wölbt es sich im Förmchen nach oben und täuscht im Replicon eine Mulde vor.

4. Vergleich der Aussagekraft des Rasterelektronenmikroskops mit der des Lichtmikroskops

Schon bei 20-facher Vergrößerung ist das Rasterelektronenmikroskop dem Auflichtmikroskop "Tessovar" vorzuziehen, wenn das Hautrelief in seiner Gesamtheit und nicht nur der Verlauf der Furchen interessiert. Durch die 300-mal größere Schärfentiefe des Rasterelektronenmikroskops ergibt sich eine größere Aussagekraft bezüglich Hornzell(verbänd)en und Rauigkeit. Der entscheidende Vorteil des Rasterelektronenmikroskops ist der dreidimensionale Eindruck.

D. Das Relief der untersuchten Hautregionen unter Berücksichtigung altersspezifischer Unterschiede

I. Anatomische Vorbemerkungen

1. Leistenhaut

Die Leistenhaut findet sich an der Handinnenfläche und an der Fußsohle. Sie ist durch die parallele Anordnung von Schweißporen tragenden, erhabenen Leisten und rillenförmigen Furchen charakterisiert (20). Die genaue Beurteilung des individuellen Papillarleistenmusters ist Aufgabe der Daktyloskopie (2).

Typische Beispiele sind Mittelfingerbeere und Daumenballen.

2. Felderhaut

Als Felderhaut wird die mit Vellus- bzw. Terminalhaaren besetzte Haut bezeichnet. Sie ist durch erhabene, meist rhombische Felder charakterisiert, die durch Furchen voneinander getrennt sind (20).

Das Capillitium ausgenommen, besitzt die Felderhaut drei Ausprägungen:

- Die Hautpartien ohne Bezug zu den Gelenken,
- die Haut über den Streckseiten der Gelenke, und
- die Haut über den Beugeseiten der Gelenke.

II. Leistenhaut

1. Mittelfingerbeere

Makroskopisch imponiert die Mittelfingerbeere durch das individuelle Papillarleistenmuster, den Dermatoglyphen. Im Rasterelektronenmikroskop zeigen die prominenten, circa 0,5mm breiten Leisten ein Plateau, das zu beiden Seiten relativ steil abfällt (Abb. 1).

Die sehr deutlich (im Gegensatz zu anderen Hautregionen) voneinander abgrenzbaren Hornzellen geben der Oberfläche

der Leisten ein rauhes Aussehen. Sie sind zum größten Teil dachziegelartig, wenig überlappend angeordnet, wobei das freie Ende der einzelnen Hornzellen auf dem Plateau nach proximal, an den abfallenden Seiten nach proximal und auch zur Höhe der Leisten vorsteht (Abb. 2). Da sich an der Fingerbeere die einzelnen Hautleisten distal zu Bögen und Schleifen vereinigen, treffen sich auch hier die Hornzellen, deren freier Rand weiterhin nach proximal ragt. Die flachen Hornzellen der Mittelfingerbeere haben eine unregelmäßige Kontur, zum Teil rund, zum Teil oval, zum Teil auch in scharfen Kanten auslaufend.

Die abfallenden Seiten von zwei benachbarten Leisten treffen sich in einem spitzen Winkel in den Furchen. Die Hornzellen können dort nahtlos ineinander übergehen oder zum Teil mit einem freien Ende fast senkrecht stehen. In manchen Furchen lassen sich keine Hornzellen finden; es zeigt sich nur eine glatte Rinne.

Der Befund verändert sich, wenn die Versuchsperson schwitzt (Abb. 2). Die Schweißperlen zeigen sich im Rasterelektronenmikroskop als kugelförmige Gebilde mit einem Durchmesser bis zu circa 0,2mm, die in einem regelmäßigen Abstand von durchschnittlich 0,4mm auf den Leisten sitzen. Ihre Oberfläche ist relativ glatt. Oft ragen sie sogar über den Rand der Schweißporen hinaus (Abb. 2).

Schwitzt der Proband nicht, so finden sich anstelle von Schweißperlen muldenförmige Vertiefungen; es handelt sich um die Schweißporen (Abb. 1). Diese sind schüsselförmig eingesunken und besitzen einen äußeren Durchmesser von circa 90µm. Ähnlich der Oberfläche der Schweißperlen und Furchen haben diese Mulden einen relativ glatten Boden. Gelegentlich sind sie von kreisförmig angelegten Hornzellen ausgekleidet.

In die Schweißporen münden die Ausführungsgänge der ekkrinen Schweißdrüsen. Die genaue Mündungsstelle kann nicht eindeutig identifiziert werden.

Im Altersvergleich fällt auf, daß bei den älteren Versuchspersonen die Papillarleisten weniger prominent sind, und das

Plateau der Leisten vielfach von feinen Einsenkungen unterbrochen wird. Letztere sind weniger tief als die Furchen und stehen etwa senkrecht zu diesen (Abb. 3 und 4).

Die Breite der Leisten mißt bei den Kindern ca. 0,4mm, bei den jungen Erwachsenen ca. 0,5mm, und bei den älteren Versuchspersonen ca. 0,6mm.

Der Durchmesser der Hornzellen beträgt in allen Altersstufen ca. 25µm.

2. Daumenballen

Beim Daumenballen ziehen die Papillarleisten meist halbkreisförmig um den Daumen. - Während die Mittelfingerbeere nur gelegentlich gerade Furchen besitzt, die in anderer Richtung als die Schleifen und Bögen der Leisten verlaufen, ist das Bild des Thenar von vielen solcher "zusätzlichen", tiefen und langen Furchen geprägt, die die Leisten schneiden. Diese Furchen sind meist parallel zueinander verschoben und nach lateral außen zum Daumen gerichtet.

Das Papillarleistenmuster unterliegt am Daumenballen stärkeren individuellen Variationen. So sind z.B. die Leisten bei dem jungen Mann zum Teil nur durch eine verstärkte Anhäufung von etwas abstehenden Hornzellen angedeutet. Bei den anderen Versuchspersonen treten die Leisten deutlicher hervor.

Schweißperlen, Schweißporen, Schweißporenabstand, Hornzellengröße und Leistenbreite sind ähnlich wie bei der Mittelfingerbeere.

Am Thenar kann keine eindeutige Richtung der Anordnung der Hornzellen angegeben werden. Die etwa 25µm großen Zellen lassen sich gut voneinander abgrenzen, liegen nebeneinander oder überlappen sich. Zum Teil bilden zwei bis drei Hornzellen Hornzellverbände, die als größere Schollen imponieren.

Wie bei der Mittelfingerbeere sind auch hier die Leisten im Altersvergleich bei den älteren Versuchspersonen flacher und durch kleine Furchen unregelmäßig unterbrochen. Die Breite der Leisten in den drei Altersstufen entspricht in

etwa den Werten, die für die Mittelfingerbeere angegeben sind (siehe D II.1).

III. Felderhaut

1. Hautanhangsgebilde in der Felderhaut

a) Haare

Auf den Replica ragen die Haare, die aus Epoxidharz bestehen, an einigen Kreuzungspunkten der größeren Furchen heraus; vereinzelt dringen sie auch am Rande der Felder an die Hautoberfläche.

Die Oberfläche der Haare zeigt das typische Cuticula-Muster: Dachziegelartig übereinanderliegende Zellen, wobei der freie Rand nach außen gerichtet ist (74). Dies kann bei 1000-facher Vergrößerung über die ganze Länge des Haares verfolgt werden. Bei den Kindern besitzen die Haare einen Durchmesser von ca. 10-25µm; bei den Erwachsenen kommen zusätzlich ca. 50-70µm dicke Haare (z.B. an Achsel und Wade) vor.

Die Austrittsstelle eines Haares (Infundibulum) besitzt eine charakteristische Struktur. Auf den Replica umgibt typischerweise ein runder, wenig erhabener Wall von ca. 70-150µm Durchmesser das zentral oder exzentrisch gelegene Haar. Der Raum zwischen Wall und Haar ist entweder mit - von der relativ glatten Oberflächenstruktur her nicht zu identifizierendem - "Material" angefüllt, oder man kann in einen Trichter blicken, in dem die Hornzellen von außen nach innen, zum Teil überlappend, mit der freien Kante nach innen gerichtet sind.

Der Wall kann auch wie eine kleine Mauer diese Struktureinheit umgeben, oder man findet dicht zirkulär angeordnete Schollen bis zur direkten Austrittsstelle des Haares.

Es ist auch möglich, daß der austretende Haarschaft von einem Kegel umhüllt wird, der eine glatte Oberfläche aufweist und nach außen zum Haar hin spitz zuläuft. Seine Basis ist nur wenig breiter als der Haardurchmesser.

In wieder anderen Fällen kommt das Haar ganz unvermittelt

an die Hautoberfläche.

Nicht jedes Infundibulum besitzt ein Haar. In manchen finden sich dagegen zwei oder mehr Haare, wobei gleich und unterschiedlich dicke Haare in einem Infundibulum sein können (Abb. 5). Manchmal ist das Infundibulum dann weiter unterteilt.

b) Schweißdrüsen

Auf den Feldern zeigen sich im Rasterelektronenmikroskop nach längerem Suchen und Spielen mit dem Kippwinkel Strukturen, die den Schweißporen der ekkrinen Schweißdrüsen entsprechen.

Sie sind rund, aber meist kleiner und weniger tief als die Infundibula der Haare. Sie werden von einem oft nur zu drei Viertel geschlossenen Wall umgeben. In ihrer Mitte ist die Oberfläche meist glatt, wie in den Schweißporen der Leistenhaut (siehe D II). Zum Teil kann eine Vorwölbung in der Mulde beobachtet werden, die bei entsprechender Größe als Schweißperle zu deuten ist (Abb. 6). Teilweise sind die Schweißperlen so groß, daß sie darunterliegende Schweißporen ganz verdecken. An der Wand finden sich gelegentlich spiralenartig umlaufende, erhabene Linien.

Bei den Kindern haben die Schweißporen einen Durchmesser von 25-100µm, bei den Erwachsenen von 50-120µm, bei dem 84-Jährigen erreichen sie sogar an Stirn und Handrücken einen Durchmesser bis zu 450µm.

Viele Schweißperlen sitzen in den Furchen und deren Kreuzungspunkten (vgl. E II.1cβ).

2. Hautpartien ohne Bezug zu den Gelenken

a) Handrücken

Am Handrücken findet man tiefe, lange Querfurchen, die zum Handgelenk hin zunehmen, sowie weniger tiefe und lange Längsfurchen, was schon makroskopisch sichtbar ist. Die dadurch entstehenden, meist unregelmäßigen Vierecke, die sich der Quadratform nähern, werden von feineren geraden Furchen oft sternförmig weiter unterteilt.

Die Felder fallen, wie man im Rasterelektronenmikroskop sieht, zu den tiefen Querfurchen weniger steil ab als zu den Längsfurchen.

Die Hornzellen imponieren als dicht nebeneinander stehende, kleine "Buckel". In den Furchen flachen sie zum Teil ab, oder es zeigt sich das Bild einer glatten Rille.

Bei den Kindern und Frauen beobachteten wir weitere, bogig verlaufende, feine Furchen. Zum Teil grenzen diese Furchen runde Areale auf den Feldern ab, die bei den Kindern einen Durchmesser bis ca. $190\mu\text{m}$, bei den Erwachsenen bis ca. $250\mu\text{m}$ haben. Das Mikrorelief dieser Areale unterscheidet sich nicht von der Umgebung. Zum Teil finden sich die Poren der ekkrinen Schweißdrüsen in diesen Bezirken.

Die Altersveränderungen zeigen sich am Handrücken besonders deutlich. Während bei den jüngeren Versuchspersonen die Feldergröße nicht stark variiert, sind die Felder der älteren Leute sehr unterschiedlich groß und oft nur unvollständig von Furchen begrenzt. Die rhombische Form wird verlassen, und es erscheinen sehr unregelmäßig geformte Vier- und Fünfecke.

Die Anzahl der Furchen ist reduziert. Die Querfurchen verlaufen nur annähernd parallel. Bei dem alten Mann haben sie zum Teil einen Abstand von $1,7\text{mm}$, während sie bei den jungen Erwachsenen durchschnittlich $0,5$ bis $1,1\text{mm}$, bei den Kindern ca. $0,4$ bis $0,7\text{mm}$ voneinander entfernt sind.

Bei dem 84-Jährigen bietet sich ein besonders unruhiges Bild: Relativ ebene Stellen wechseln sich mit Arealen ab, in denen sich die Hornschicht zu Kuppeln von ca. 120 - $200\mu\text{m}$ vorwölbt. Die Schweißporen erreichen einen Durchmesser von $450\mu\text{m}$.

Die Oberfläche der Felder ist bei den älteren Versuchspersonen stellenweise sehr schuppig, da sich Hornzellen bzw. Hornzellverbände leicht abheben.

Bei den Kindern haben die Hornzellen einen Durchmesser von ca. $20\mu\text{m}$, bei den jungen Erwachsenen von ca. 25 - $30\mu\text{m}$, bei den älteren Versuchspersonen von ca. 30 - $40\mu\text{m}$.

b) Unterarm

α) Streckseite

An der Streckseite des Unterarms verlaufen die parallelen, langen Furchen nicht horizontal und vertikal - wie am Handrücken -, sondern schräg zur Körperachse (etwa im 45°-Winkel). Dadurch entstehen langgezogene, viereckige Felder mit annähernd 90°-Winkeln, deren längere Seite von Furchen begrenzt werden, die von lateral kranial nach medial kaudal ziehen, und deren kürzere Seiten von medial kranial nach lateral kaudal verlaufen.

Die Felder werden - wie am Handrücken - von weniger tiefen, geraden Furchen zum Teil kreuzförmig weiter unterteilt. Nur der kleine Junge zeigt an dieser Hautstelle bogig verlaufende feine Furchen auf den Feldern, die manchmal runde Ringe von 60µm Durchmesser bilden. Die Felder sind insgesamt kleiner als am Handrücken.

Die Hornzellen zeigen sich zum Teil als kleine prominente "Buckel", zum Teil als flache Scheiben.

Im Altersvergleich ergibt sich, daß die rechteckigen Felder der Kinder (ca. 450x360µm) kleiner sind als die der Erwachsenen (ca. 750x500µm).

Das Relief der älteren Leute weicht von dem eben Geschilderten ab. Das Rechteck ist nicht mehr das Grundelement für die Form der Felder. Diese sind drei-, vier- oder fünfeckig, variieren sehr stark in der Größe und sind in sich und zueinander unterschiedlich prominent. Die Furchen sind weniger tief und dicht. Areale mit deutlich erkennbaren Hornzellen liegen neben solchen, in denen die einzelnen Hornzellen kaum abzugrenzen sind.

Der Hornzelldurchmesser liegt in allen drei Altersstufen zwischen 20 und 35µm.

β) Beugeseite

An der Beugeseite des Unterarms verlaufen die Furchen im Gegensatz zur Streckseite nicht schräg zur Körperachse, sondern tendenziell waag- und senkrecht. Die Querfurchen sind etwas breiter und tiefer als die Längsfurchen.

Die Felder erscheinen etwas in die Breite gezogen, während die Felder der Streckseiten sich mehr in die Länge ziehen. Sie werden durch weitere gerade, weniger tiefe Furchen meistens in Dreiecke unterteilt. Die junge Frau und das Mädchen besitzen in einigen Feldern zusätzliche, bogig verlaufende, feine Furchen, die sich hier sehr selten zu Kreisen schließen.

Die Hornzellen zeigen sich als "Buckel" oder Scheiben, die nebeneinander liegen oder sich überlappen.

Es ergeben sich folgende Altersunterschiede: Bei den Kindern herrschen wellenförmige Querfurchen vor, die sich nach ca. 1mm kreuzen und dadurch Felder einschließen, die nach links und rechts spitz auslaufen und deren Längsausdehnung bis zu ca. 0,5mm betragen kann. Die Felder fallen mit einer deutlichen Kante oben und unten sehr flach zu diesen Querfurchen ab. Die Längsfurchen sind dagegen sehr schmal und weniger breit. Sie unterteilen die Felder weiter in unregelmäßige Vierecke.

Bei den Erwachsenen beträgt der Abstand der Querfurchen ca. 400-600µm, der der Längsfurchen ca. 500-850µm.

Bei der älteren Frau ließen sich keine Abweichungen von dem eben beschriebenen Muster nachweisen. Dagegen sind die Felder des 84-Jährigen viel größer: Sie werden von Querfurchen, die einen Abstand bis zu 2mm erreichen, und von Längsfurchen, die bis zu 4mm voneinander entfernt sind, umgeben. Auf den Feldern zeigen sich Strukturen von ca. 100µm Durchmesser, die zum Teil dachziegelartig angeordnet sind (freier Rand weist nach kranial) bzw. sich als runde Schollen abgrenzen. Auf ihrer Oberfläche finden sich ca. 30µm große vorgewölbte Hornzellen.

Die Hornzellen sind bei den Erwachsenen meist als 25µm große "Buckel" oder Scheiben sichtbar. Die junge Frau besitzt stellenweise dachziegelartig angeordnete, aber wenig überlappende ca. 30µm große Hornzellen von sehr glatter Oberfläche, deren freier Rand nach kranial weist (Abb. 7). Bei den Kindern sind die Hornzellen nicht immer voneinander zu trennen.

c) Unterschenkel

α) Schienbein

An der Hautoberfläche des Schienbeins sind die Alters- bzw. individuellen Unterschiede stark ausgeprägt, so daß kein allgemeines Muster für diese Hautregion angegeben werden kann.

Bei den Kindern findet man die typische Felderstruktur: Längs- und Querfurchen mit einem Abstand von durchschnittlich 0,6mm schließen Felder ein, die annähernd quadratisch geformt sind. Auf den Feldern zeigen sich feine, bogig verlaufende Furchen, die zum Teil kreisrunde Areale von 140 - 240µm Durchmesser begrenzen.

Bei dem 24-jährigen Mann findet sich noch das Muster von regelmäßigen Längs- und Querfurchen (durchschnittlicher Abstand 1,3mm). Allerdings gehen diese zum Teil in aufgeworfene Falten (vgl. Abb. 10) über, so daß die Felder tiefer liegen; d.h. die Felder nehmen am Rande etwas an Höhe zu und fallen dann sehr flach in die Furchen ab.

Bei der 27-Jährigen und den älteren Versuchspersonen wird die typische Felderstruktur nahezu verlassen. Es zeigen sich längs oder etwas schräg, meist aber parallel verlaufende, aufgeworfene Falten von unterschiedlicher Länge (bis zu 1mm) und feine, nicht sehr tiefe aber lange Furchen (zum Teil lassen sie sich über das ganze Präparat (Ø 12mm) verfolgen), die in alle Richtungen ziehen.

Die Hornzellen zeigen sich bei den Kindern und den Erwachsenen meist als 20-30µm große Vorwölbungen, wobei bei den Kindern die kleineren Durchmesser gefunden werden. Bei den älteren Leuten dominieren die Hornzellen als ca. 30-40µm große "Buckel".

β) Wade

Das Grundmuster der Hautoberfläche der Wade wird von besonders regelmäßig angeordneten Quadraten und Rechtecken, deren längere Seite nach kranial gerichtet ist, bestimmt. Es fällt auf, daß die Querfurchen breiter als die Längs-

furchen sind; das heißt, die Felder neigen sich am Rand mit einem flachen Winkel zu den Querrfurchen, während die Längsfurchen spaltförmig verengt sind (Abb. 8).

Im Altersvergleich ergibt sich, daß der Abstand der Quer- und Längsfurchen bei den Kindern ca. 350-600µm, bei den Erwachsenen ca. 500-800µm beträgt. Bei dem 84-jährigen Mann finden sich besonders große Felder.

Die Hornzellen der Kinder lassen sich nicht einzeln abgrenzen. Bei den Erwachsenen stellen sie sich als 25-35µm große "Buckel" dar.

d) Periumbilicale Region

Tiefe und breite Querrfurchen, zu denen die Felder meist flach abfallen, prägen das Bild der Oberfläche der periumbilicalen Region. Zusammen mit den schmalen Längsfurchen schließen sie meist quadratische Felder ein, die von schmäleren Furchen besonders regelmäßig kreuz- und sternförmig unterteilt werden. Das Besondere ist hier, daß die entstehenden dreieckigen "Unterfelder" zum Mittelpunkt des großen Feldes abflachen. Bei den Kindern ist dies noch nicht sehr stark ausgebildet, weicht aber sonst von dem oben Ausgeführten kaum ab.

Der Altersvergleich zeigt, daß bei den Erwachsenen der Abstand der Querrfurchen ca. 0,5-0,8mm, bei den Kindern ca. 0,4-0,6mm beträgt.

Dagegen bietet die 68-jährige Frau ein stark verändertes Relief. Ihre Querrfurchen haben nur einen Abstand von 0,25-0,35mm, und die sogenannten Längsfurchen verlaufen meist diagonal. Dadurch entstehen Felder von ca. 1,5mm Breite. Die Hornzellen stellen sich bei den Erwachsenen als 25-30µm große "Buckel" oder Scheiben dar; bei den Kindern sind sie nicht eindeutig voneinander abzugrenzen.

e) Stirn

Typisch für das Oberflächenrelief der Stirn sind enge, parallele Querrfurchen, deren Abstand zwischen 0,1 und 0,7mm variieren kann. Wo eine Querrfurche endet, beginnt die näch-

ste, meist parallel verschoben. Dadurch kann man größtenteils nicht mehr von einer Felderung sprechen (Abb. 9). Die Stirn ist eine Region, an der sich besonders viele, ca. 10-25µm dicke Vellushaare darstellen, die meistens keine typischen Infundibula aufweisen, sondern nur eine kegelförmige Verbreiterung des Haares zur Hautoberfläche hin besitzen. Die Haarfollikel münden meist in die Furchen (Abb. 9).

Die Stirn ist eine Region, in der individuelle und Altersveränderungen zum Tragen kommen. Bei dem 6-jährigen Mädchen und der 68-jährigen Frau fehlen die Längsfurchen weitgehend. Bei dem 4-jährigen Knaben gibt es viele schmale und nicht sehr tiefe Längsfurchen, so daß hier das Bild der Felderhaut zum Tragen kommt. Bei den jungen Erwachsenen sind die Quer- und Längsfurchen in sehr unregelmäßigem Abstand verteilt, so daß sich zum Teil unvollständig begrenzte und sehr unterschiedlich große Felder ergeben. Auch bei dem 84-jährigen Mann ist die Felderung nur angedeutet, und sein Oberflächenrelief unterscheidet sich sehr von den eben beschriebenen. Es zeigen sich Furchen, die in aufgeworfene Falten übergehen (Abb. 10).

Zusätzlich finden sich bei ihm Areale, in denen runde, bis zu 0,4mm große, schollige Formationen der Hornschicht vermehrt zu sehen sind (Abb. 10, 11). Die Oberfläche dieser Gebilde ist zum Teil sehr glatt, so daß man an Schweißporen denken kann; zum Teil haben sie dieselbe Oberfläche wie die normal erscheinende Umgebung.

Die Infundibula des alten Mannes sind relativ groß. Teils besitzen sie bis zu acht Haare (Abb. 5).

Die Hornzellen stellen sich bei den Kindern und den älteren Leuten als "Buckel" von 20-30µm Durchmesser dar (Abb. 9).

Bei den jungen Erwachsenen zeigen sie sich als glatte, ebenfalls 20-30µm große Scheiben, die oft dachziegelartig gruppiert sind, wobei der markante Rand nach kranial vorsteht.

3. Streckseiten der Gelenke

a) Ellbogen

Das Grobrelief des Ellbogens ist durch breite, tiefe, meist diagonal oder waagrecht verlaufende Furchen charakterisiert. Diese bilden Sterne, die sich zum Teil überschneiden.

Das Feinrelief wird von runden Strukturen geprägt, die in Form und Anordnung an Pflastersteine erinnern (Abb. 12). Die Hornzellen lassen sich bei allen Versuchspersonen als 20-30µm große "Buckel" nachweisen.

Im Altersvergleich ergibt sich, daß bei dem 6-jährigen Mädchen ein "Stern" einen Durchmesser von ca. 2mm besitzt, bei den jungen Erwachsenen und dem 84-Jährigen von ca. 3-4mm, und bei der 68-Jährigen sogar von ca. 6mm. Bei dem 4-jährigen Jungen dagegen findet man tiefe und breite Querfurchen im Abstand von ca. 1mm, die mit meist weniger breiten und in alle Richtungen verlaufenden Furchen sehr unregelmäßige, vieleckige Felder begrenzen.

Die pflastersteinähnlichen Strukturen erreichen bei der jungen Frau einen Durchmesser von ca. 150-500µm, bei den älteren Leuten von ca. 150-300µm. Bei den Kindern und dem jungen Mann zeigen sich die "Pflastersteine" nicht so deutlich. Sie stehen hier auch nicht dicht gedrängt, sondern liegen einzeln in den Feldern und sind zum Teil auch nur unvollständig begrenzt. Bei den Kindern besitzen sie einen Durchmesser von ca. 180µm, bei dem 24-Jährigen von ca. 450µm.

b) Kniescheibe

Typisch für die Hautoberfläche der Kniescheibe sind tiefe, breite Querfurchen und pflastersteinähnliche Formationen. Weniger breite Längs- und Diagonalfurchen unterteilen die Fläche weiter in Drei-, Vier- und Fünfecke unterschiedlicher Seitenlänge.

Die an "Pflastersteine" des Ellbogens erinnernden, runden Strukturen sind hier nicht so markant und dicht aneinander gereiht.

Im Altersvergleich ergeben sich folgende Unterschiede: Die Querfurchen bei den Kindern erreichen Abstände von ca.

0,8-1,2mm, bei den Erwachsenen von ca. 0,4-1,2mm und bei den älteren Leuten von ca. 0,8-1,6mm, wobei bei dem 4-jährigen Jungen, der 27-jährigen Frau und dem 84-jährigen Mann jeweils die größeren Werte vorkommen.

Die einzelnen "Pflastersteine" bei den Kindern ($\varnothing$ ca. 0,2-0,4mm) und dem 24-jährigen Mann ($\varnothing$ ca. 180-240 μ m) lassen sich als Areale erkennen, die von deutlichen, bogig verlaufenden Furchen zum Teil nur unvollständig umgeben werden.

Bei der jungen Frau sind sie am besten ausgebildet: Sie stoßen hier dicht aneinander und besitzen einen Durchmesser von ca. 0,4-0,6mm. Allerdings erscheinen sie oft nur als halbgeschlossener Kreis.

Bei den älteren Versuchspersonen haben sie einen Durchmesser von ca. 120-160 μ m und liegen nicht sehr dicht.

Einzelne Hornzellen lassen sich bei den Kindern kaum identifizieren. Bei den Erwachsenen stellen sich die Hornzellen als 15-30 μ m große "Buckel" dar.

4. Beugeseiten der Gelenke

a) Ellenbeuge

Das Oberflächenrelief der Ellenbeuge wird von breiten, langen Querfurchen, und von spindelförmigen bzw. dreieckigen Feldern geprägt, die sich nach vertikal am stärksten ausdehnen.

Der Altersvergleich ergibt, daß die Querfurchen bei den Kindern einen Abstand von ca. 0,4-0,7mm, bei den Erwachsenen von ca. 0,4-0,9mm, und bei der älteren Frau von ca. 0,5-1,2mm besitzen. Die Querfurchen der Kinder verlaufen etwas geschlängelt.

Die Felder bei den Kindern und dem jungen Mann haben oben und unten eine deutliche Kante, ab der sie zu den Querfurchen abfallen.

Schmale Längs- und Diagonalfurchen begrenzen mit den Querfurchen bei den Kindern meist dreieckige Felder. Bei den jungen Erwachsenen ergeben sich parallele, spindelförmige Felder (Abb. 13), die unterschiedlich vorgewölbt sind -

ähnlich den Spindeln bei der Achsel. Ihre Länge ergibt sich aus dem Abstand der Querfurchen.

Bei den älteren Versuchspersonen ist das typische Relief der Ellenbeuge nicht mehr vorhanden. Unterschiedlich tiefe Furchen in allen Richtungen, die meist drei- und viereckige Felder umreißen, prägen ein sehr unregelmäßiges Bild. Bei dem 84-Jährigen kommt es zusätzlich zu groß aufgeworfenen, meist vertikal gestellten Falten, deren Feinrelief sich nicht von den Gebieten dazwischen abhebt.

Die Hornzellen sind bei den Kindern, dem jungen und dem alten Mann nicht eindeutig zu erkennen. Bei der älteren Frau stellen sie sich als ca. 20µm große "Buckel", und bei der jüngeren Frau als dachziegelartig angeordnete, 30µm große Scheiben dar, deren freie Kante nach kranial zeigt.

b) Kniekehle

Die Kniekehle ist eine weitere Region, die durch breite, tiefe, parallele Querfurchen charakterisiert ist, zwischen denen durch Diagonal- und Längsfurchen sternförmig unterteilte Felder entstehen.

Während bei den Kindern und dem jungen Mann deutliche Kanten auffallen, an denen die Felder zu den Querfurchen abfallen, ist das bei den restlichen Versuchspersonen nicht zu beobachten.

Nur bei dem Jungen lassen sich spindelförmige Felder zwischen den Querfurchen an einigen Stellen nachweisen.

Der Altersvergleich ergibt, daß der Abstand der Querfurchen bei den Kindern ca. 0,5-0,9mm, bei den Erwachsenen ca. 0,5-1,2mm beträgt.

Bei den älteren Leuten ist das Muster etwas unruhiger. Der 84-jährige Mann besitzt in manchen Feldern runde Formationen von ca. 0,1-0,2mm Durchmesser, die an "Pflastersteine" von Ellbogen und Kniescheibe erinnern.

Die Hornzellen der Kinder lassen sich nur schwer voneinander abgrenzen. Bei dem jungen Mann und den älteren Leuten stellen sie sich als 20-30µm große Vorwölbungen dar, bei der jungen Frau als 30µm große, dachziegelartig angeordnete, glatte Scheiben (wie an der Ellenbeuge).

c) Achsel

Die Oberfläche der Achsel besitzt eine sehr typische Struktur. Schlanke, erhabene Spindeln von unterschiedlicher Länge ordnen sich in einem sehr engen Gefüge parallel der Körperachse an. Sie stoßen an ihren spitzen Enden an lange, durchgehende, zur Körperachse quer und zueinander parallel verlaufende seichte Furchen, oder sie verzünden sich in diesen Furchen und gehen in die nächste Spindel über.

Ihre Oberfläche wird von einigen, meist quer oder längs ziehenden, zum Teil sich kreuzenden feinen Furchen bestimmt. Dieses einheitliche Relief wird von parallel in Reihen angeordneten Erhebungen durchzogen, die von medial kranial nach lateral kaudal angeordnet sind. Es handelt sich um einzelne oder um mehrere transversal dicht in einer Reihe nebeneinanderliegende Spindeln, die sich besonders stark vorwölben und die Haarfollikel bergen (Abb. 14).

Die Follikelöffnungen sind zum Teil auf der Höhe dieser Prominenzen, aber auch am Rande davon. Man findet viele Zwei- und Dreihaargruppen. Gelegentlich ist dabei das Infundibulum für die herauswachsenden Haare unterteilt. Die kraterförmigen Erhebungen um die einzelnen Follikel bei der älteren Frau sind wahrscheinlich als individuelle Besonderheiten zu deuten.

Schweißperlen sind an dieser schweißdrüsenreichen Hautregion des Öfteren bei den Haaren, auf den Feldern und in den Furchen zu finden.

Flache, glatte, dachziegelartig angeordnete Hornzellen lassen sich nur an wenigen Stellen erkennen. Sonst sind die Hornzellen nur schwer voneinander abgrenzbar.

Folgende Altersunterschiede fallen auf: Bei den Kindern und den älteren Leuten sind die Spindeln nicht das vorherrschende Element.

Die Kinder zeigen schmale lange Felder mit einer durchschnittlichen Größe von ca. 0,2x0,4mm (Breite x Länge; der Wert ist nur als Anhaltspunkt zu verstehen, da die Feldergröße stark variiert). Kurz bevor die Felder in den langen, quer verlaufenden Furchen enden, weisen sie oben und unten

eine deutliche Kante auf und fallen dann in die Furchen ab. Die Spindeln der Erwachsenen sind zwei- bis dreimal so groß wie die kindlichen Felder.

Ähnlich verhält es sich bei den Erhebungen um die Haare:

Bei den Kindern ergeben sich Durchmesser von ca. 0,6-0,8mm, bei den Erwachsenen Werte bis zu 1,3mm.

Bei den älteren Leuten sieht man Felder, die des Öfteren spindelförmig nach oben und unten zulaufen, aber insgesamt gedrungener und breiter erscheinen und durchschnittliche Größen von ca. 0,5mm Breite und 0,7mm Länge erreichen.

E. Diskussion

I. Überblick über die bisherigen Methoden zur Darstellung der Hautoberfläche

Methoden, die das Hautrelief darstellen, müssen von solchen unterschieden werden, die sich mit der Hornzelldiagnostik beschäftigen (z.B. Detergent-scrub-Technik: G.Plewig (70); B.B.Heilmann/F.Ryckmanns/G.Plewig (32)).

Weiterhin sind die Methoden gesondert zu betrachten, die die Rauhigkeit der Hautoberfläche messen (Profilometrie: Th.Cook (8); U.Hoppe (34); S.Makki et al. (49)) oder die Furchentiefe bestimmen (Image Analysis-Technik: P.Corcuff et al. (9)).

In der nachfolgenden Literaturübersicht sind die wichtigsten Methoden zur Darstellung der Hautoberfläche und ihre Autoren genannt.

Zu den einzelnen Methoden sei noch Folgendes bemerkt:

Die direkte Fotografie der Hautoberfläche kann nur mit geringen Vergrößerungen arbeiten und konnte bisher keinen guten dreidimensionalen Eindruck vermitteln.

Die Hautbiopsie und die epidermale Biopsie stellen einen invasiven Eingriff dar, der bei der erstgenannten Methode eine Narbe zurückläßt. Verlaufsuntersuchungen an immer derselben Hautstelle können nicht durchgeführt werden. Es besteht die Gefahr von Fixationsartefakten, die das Oberflächenrelief der Haut verzerren können. K.Hashimoto (28), C.Franchimont (19) und A.M.Kligman/R.M.Lavker (44) verwendeten die Critical-point-Trocknung, die Fixationsartefakte vermeiden soll.

Die von M.Hundeiker/K.Brehm (36) vorgestellte Methode setzt das Vorhandensein von Blasen bzw. deren Erzeugung voraus. Die Adhäsionsmethode besteht im Aufbringen eines flüssigen Klebstoffes auf die Haut, mit dem oberflächliche Hornzelllagen entfernt werden können, wenn der Klebstoff getrocknet ist. Gegenstand der Betrachtung ist die Unterseite der Hornzellen (96).

Literaturübersicht: Methoden zur Darstellung der Hautoberfläche

Methode:	Autoren:
1. Direkte Fotografie der Hautoberfläche	C.R.Siebentritt (1949) W.J.Cunliffe (1974) E.Epstein (1977)
2. Hautbiopsie → Betrachtung im REM	C.E.Orfanos et al. (1969) Ch.M.Papa/B.Farber (1971) K.Hashimoto (1974) K.Hashimoto/T.Kanzaki (1975) C.Franchimont (1980)
3. Epidermale Biopsie → Betrachtung im REM	A.M.Kligman/R.M.Lavker (1972)
4. Gewinnung von Blasendecken → Betrachtung im REM	M.Hundeiker/K.Brehm (1971)
5. Adhäsionsmethode	
a) mit Zelliodin → Lichtmikroskop	J.Wolf (1940)
b) meist mit Cyanoacrylat → Lichtmikroskop oder Stereomikroskop oder REM (wird auch als "skin surface biopsy" bezeichnet)	N.Goldschmidt/A.M.Kligman (1967) R.Marks/R.P.R.Dawber (1971) R.Marks/T.Saylan (1972) Ch.F.Tring (1974) F.G.Schellander/J.T.Headington (1974) R.M.Lavker et al. (1980)
6. Dermatogramm	E.S.Priester (1907)
7. Replica-Methode	
a) nur Negativabdruck	J.Wolf (1940) Sutarman/R.L.Thomson(1964) H.D.Chinn/R.L.Dobson (1964) I.Sarkany/P.Gaylarde (1968) T.Fujita/J.Tokunaga (1969) D.Spruit/A.Th.Reijnen (1972) K.Kuokkanen (1972) G.Wagner/R.W.Goltz (1979) G.L.Grove/R.M.Lavker (1981) J.Serup (1984)
b) Negativ- und Positiv- abdruck	I.Sarkany (1962) J.Facq et al. (1964) E.O.Bernstein (1969) C.Johnson et al. (1970) G.Fock et al. (1972) P.Kassenbeck/A.Neukirchner (1977) R.L.Ryan et al. (1983)

Ein Dermatogramm (z.B. mit Tinte) gibt nur einen sehr groben Anhalt über die Hautoberflächenstruktur.

Es gibt viele Möglichkeiten zur Ausführung der Replica-Methode. Manche Autoren stellten nur einen Negativabdruck her.

Als Negativabdruckmaterialien wurden unter anderem verwendet: Silikon, Polysulfid, Celluloid, Polyvinylformal, Chloroform-Dentacryllösung, Alginatbasen und Wachs.

Positive wurden unter anderem mit folgenden Materialien hergestellt: Nitrozellulose (z.B. Nagellack), Epoxidharz, Polyäthylen, Gips, Polystyrol in Benzol oder Toluol gelöst, Acetylcellulose.

Mit speziellen fotografischen Techniken kann man erreichen, daß sich der räumliche Eindruck umkehrt und ein "positives" Bild entsteht (94).

Wie bereits in C II.1 erwähnt, besitzt die von uns angewandte Replica-Methode ihre Grenzen in der Darstellung der Oberfläche der einzelnen Hornzelle. Sie ist aber eine ausgezeichnete Methode, um - ohne invasives Eingreifen - das Grob- und Feinrelief der Hautoberfläche in vivo darzustellen und zu dokumentieren.

II. Vorliegende Erkenntnisse über regionale und altersspezifische Unterschiede des Hautoberflächenreliefs

1. Regionale Unterschiede

a) Grob- und Feinrelief

Es ist allgemein bekannt, daß die Felder der Hautoberfläche die Form von geometrischen Figuren besitzen, meist Quadrate, Rechtecke, Parallelogramme oder ungleichmäßige Vierecke, die zum Teil weiter sternförmig in Dreiecke unterteilt werden. Zur näheren Beschreibung der Hautoberfläche führt J. Wolf (96) die Begriffe des primären (Oberflächenstruktur der einzelnen Hornzelle), sekundären (Hervorwölbung der einzelnen Hornzelle), tertiären (Falten und Furchen, die sich über mehr als eine Zelle erstrecken), quartären (größere Vorwölbungen innerhalb der Felder) und quintären (Felderung der

Haut) Reliefs ein. Das primäre, sekundäre und tertiäre Relief führt er auf die Struktur der Hornhaut selbst, das quartäre und quintäre auf die Unebenheiten der Cutis zurück. Ausgehend von der Untersuchung von Adhäsionspräparaten seiner eigenen Haut (43 Jahre) unterscheidet J.Wolf drei Grundtypen der Hautoberfläche:

1. Das Hautrelief des Rumpfes und der proximalen Teile der Extremitäten (Hauptvertreter: Bauchhaut; typisch: kleine, dreieckige Felder, die nicht weiter unterteilt sind);
2. das Hautrelief der distalen Teile der Extremitäten (Hand, Fuß) und der dem direkten Druck gegen die knöcherne Unterlage ausgesetzten Partien der Extremitäten (Kondylen, Ellbogen, Knie) (Hauptvertreter: Handrücken; typisch: warzenartige, kreisförmige Vorwölbungen in den Feldern, die zum Teil von zirkulären Furchen umgeben sind);
3. das Hautrelief des Gesichtes (Hauptvertreter: Stirn; typisch: sehr unregelmäßiges Relief).

J.Wolf hält das Relief jeder einzelnen untersuchten Hautregion für charakteristisch. Da sich - seiner Meinung nach - die Hornschicht nicht dehnen kann, nennt er drei Aufgaben des Hautoberflächenreliefs, das je nach den regionalen Erfordernissen ausgeprägt ist:

1. Das Anhaften der Haut an andere Gegenstände soll verhindert werden.
2. Durch die federnden Vorwölbungen der Felder soll bei Druck ein Druckausgleich für die darunterliegenden Gewebe (vor allem die Cutis) geschaffen werden.
3. Durch eine Vergrößerung der Hautoberfläche (Reservefalten) soll eine Dehnung der Haut ermöglicht werden.

S.Hasunova (26), der die Beugeseite des Unterarms bei 100 Frauen und 100 Männern nach den Relieftypen von J.Wolf untersuchte, stellt fest, daß das quartäre und sekundäre Relief bei den Männern ausgeprägter ist, und daß das tertiäre, quartäre und quintäre Hautrelief erblich ist.

K.Hashimoto (28) definiert primäre (große, makroskopisch sichtbare) bis quartäre (auf den einzelnen Hornzellen liegende) Furchen. Er sieht die Funktion der Hautfurchen in

der Verteilung von Talg ("distribution channel") und Schweiß ("irrigation channel") und dem Sammeln von Substanzen und deren Ableitung in die Haarfollikel zur percutanen Absorption ("collection channel").

F.Ch.Tring/L.B.Murgatroyd (92), die mit der Adhäsionsmethode verschiedene Hautregionen an Personen im Alter von 19-25 Jahren studierten, sprechen dem Unterarm (Beugeseite) ein sehr konstantes Muster und dem Abdomen die größten individuellen Variationen zu. Am Handrücken finden sie die größten Felder, die mit pflastersteinartigen Figuren versehen sind.

F.A.Schellander/J.T.Headington (80), die mit einer Adhäsionsmethode arbeiteten, sehen z.B. an Handgelenk und Rist runde, polygonale Untereinheiten in den Feldern, deren Erscheinungsbild sie mit Honigwaben vergleichen.

G.Wagner/R.W.Goltz (94), die - mit einem Polysulfid hergestellte - Negativabdrücke von Erwachsenen (20-30 Jahre) fotografierten, unterscheiden vier Ausprägungen der Hautoberfläche des Rumpfes und der Extremitäten:

1. Dermatoglyphen (palmar und plantar);
2. haartragende Hautstellen;
3. Regionen, die besonderer Reibung ausgesetzt sind (z.B. Ellbogen, Knie, Knöchel; typisch: Pflastersteine);
4. Beugeflächen über den Gelenken (z.B. Ellenbeuge, Kniekehle, Axilla).

Sie vermuten eine Korrelation zwischen der Hautdicke und der Feldergröße: An der dünnen Bauchhaut finden sie kleine Felder und flachere Furchen und an der relativ dicken Rückenhaut große Felder und tiefere Furchen.

b) Hornzellen

Über die Oberfläche der Hornzellen, deren Keratin-Zellwand durch Lipidfenster unterbrochen wird (50), liegen zahlreiche Untersuchungen vor.

J.Wolf (96) (Adhäsionspräparate) beschreibt an Rumpf und Gliedmaßen sechseckige Hornzellen, die sich leicht vorwölben. Im Gesicht kann er diese Prominenzen der Hornzellen nicht feststellen.

J.Sarkany/G.A.Caron (78) (Replica-Methode) erkennen dachziegelartig angeordnete Hornzellen an Palma, Handrücken, Unterarm, Wade und Gesicht, sowie aneinanderstoßende Hornzellen an der Fußsohle.

E.O.Bernstein/Ch.B.Jones (3) (Replica-Methode) beobachteten an der Hautoberfläche der Beugeseite des Unterarms 30µm große, dicht nebeneinanderliegende, vorgewölbte Hornzellen. C.E.Orfanos (63), der Hautbiopsien im Rasterelektronenmikroskop betrachtete, unterscheidet die unregelmäßige Oberfläche der Hornzellen der Palmarhaut von dem glatten Relief der Hornzellen der behaarten Haut.

K.Hashimoto/T.Kanzaki (29), die eine Hautbiopsie aus der Brustregion eines 21-jährigen Mannes studierten, beschreiben ebenfalls eine Vorwölbung der Hornzellen nach außen. Die äußere Oberfläche der Hornzellen sei relativ glatt, die Unterseite der Hornzellen zeige sich als villöses Relief.

Über die regionale Variation der Hornzellgröße liegen Untersuchungen von G.Plewig/R.R.Marples (70;72) (Detergent-Scrub-Technik) vor. Kleine Hornzellen finden sie an der Stirn und an der Hand ($\emptyset$ 34-36µm), große Hornzellen am Oberschenkel und in der Axilla ($\emptyset$ 41-44µm). Dagegen beträgt die Hornzelldicke an der Axilla nur 0,22µm, während sie am Unterschenkel 0,34µm mißt.

c) Hautanhangsgebilde

α) Haare

H.Oberste-Lehn/A.Nobis (60) unterscheiden drei Grundtypen der Haaranordnung:

1. Einzelne stehende Haarfollikel;
2. gruppiert stehende Haarfollikel (d.h. jedes Haar besitzt ein eigenes Infundibulum);
3. gebündelte Haarfollikel (d.h. mehrere Haare münden in eine Öffnung).

Nach G.W.Hambrick/H.Blank (25) können sich nur Lanugo-, nur Terminalhaare oder beide Haarsorten zusammen in einem gebündelten Haarfollikel befinden.

Genaue Untersuchungen über die Haardichte und -anordnung

finden sich bei H.Oberste-Lehn/A.Nobis (60).
C.E.Orfanos (63) nennt für den Infundibulum-Durchmesser einen Wert von 50-150µm, für die Haardicke 20-120µm.
Bereits J.Sarkany/G.A.Caron (78) stellten das Infundibulum der Haare mit der Replica-Methode (Negativ mit dem Silikon Silflo, Positiv mit Nitrozellulose) dar. Sie führten als Beispiel ein Haar der Wade an, das von einer ringförmigen Keratinstruktur umgeben ist, in der das Haar selbst exzentrisch liegt.

β) Ekrine Schweißdrüsen

βα) Ekrine Schweißdrüsen der Leistenhaut

In der Leistenhaut gibt es nur ekkrine, keine apokrinen Schweißdrüsen (15). Sie münden in die Poren auf den Leisten. Der intraepidermale Anteil des Schweißdrüsenausführungsganges verläuft spiralenförmig, wobei die Windungen zur Hautoberfläche hin größer werden (55); dieser Anteil heißt Akrosyngium.

C.E.Orfanos (63), der native Palmarhaut im Rasterelektronenmikroskop untersuchte, nennt die Mündungsstelle nicht genau. Er gibt den Durchmesser der Öffnung mit 3-5µm an.

Johnson et al. (38) glauben, in den Schweißporen der Palmarhaut die aufsteigenden Kurven des Akrosyngiums und dessen exzentrische Mündungsstelle zu erkennen.

Die Schweißperlen auf den Leisten sind von unterschiedlicher Größe. Wie schon I.Sarkany/P.Gaylarde (78) zeigten, ist dies der Beweis für die unterschiedliche Sekretion der einzelnen Drüsen.

Die Schweißdrüsendichte der Leistenhaut wurde mit der Replica-Methode bereits bestimmt. F.A.J.Thiele et al. (91) fanden palmar 690 Drüsen/cm², was mit den histologischen Untersuchungen von G.Szabó (88) übereinstimmt.

ββ) Ekrine Schweißdrüsen der Felderhaut

J.Wolf (96) (Adhäsionsmethode) beschreibt das Relief der Schweißporen an der Stirn als trichterförmige Bildung mit zirkulärem Wall.

W.Montagna (55) berichtet über histologische Studien, in denen das Akrosyngium sich in den verschiedenen Hautregionen im (vor allem palmar und plantar) und entgegen dem Uhrzeigersinn dreht oder in unregelmäßigen Richtungen verläuft.

C.Johnson et al. (38) (Replica-Methode) beschreiben die Schweißporen am Unterarm und am Stamm als kleine Erhebungen, die durch feine Hautfalten begrenzt und im Gegensatz zu den Poren der Leistenhaut flach und strukturlos sind. Die terminale Spirale des Ausführungsganges, den sie mit einer Rinne verglichen, glauben sie nach Stripping und wiederholter Abbildung der Hautoberfläche verfolgen zu können.

Der Durchmesser des äußeren Ausführungsganges soll nach R.J. Scheuplein (81) am Unterarm $14\mu\text{m}$ betragen, was dem drei- bis fünffachen Wert von C.E.Orfanos (63) Angabe bezüglich des Durchmessers an der Palma entspricht (siehe E II.1c β a).

Die Dichte der Schweißdrüsen der Felderhaut wurde mit der Replica-Methode schon mehrfach bestimmt, indem nach Stimulation z.B. mit Acetylcholin die Schweißperlen gezählt wurden. Für die Beugeseite des Unterarms geben F.A.J.Thiele et al. (91) Werte von $250\text{--}320/\text{cm}^2$, D.Spruit/Th.A.Reijnen (84) eine Zahl von $200/\text{cm}^2$ an.

Wenn man die Oberfläche von Hautreplica betrachtet, finden sich als Schweißporen identifizierbare Strukturen auf der Höhe der Felder, nicht aber in den Furchen. Es fällt aber auf, daß sich die Schweißperlen in erster Linie in den Furchen und deren Kreuzungspunkten, also auch in der unmittelbaren Nähe von Haarfollikeln, darstellen, weniger dagegen in den Poren auf den Feldern. Dies wird von verschiedenen Autoren bestätigt (79; 87; 89; 90; 91).

Nach F.A.J.Thiele et al. (91) soll in Ruhe nur Wasserdampf (daran sind 5-15% aller Schweißdrüsen beteiligt) und keine Flüssigkeit abgesondert werden, während in einer thermischen Notsituation bis zu 50% aller Schweißdrüsen flüssigen Schweiß abgeben können. Mit der Replica-Methode lassen sich ihrer Ansicht nach beide Exudationsformen abbilden, aber nicht voneinander unterscheiden. Beide stellen sich als kugelförmige

Gebilde dar, die meistens in den Furchen und deren Kreuzungspunkten liegen.

Die Größe dieser kugelförmigen Gebilde hängt ihrer Meinung nach nicht nur vom Funktionszustand der jeweiligen Schweißdrüse ab, sondern auch von der Polymerisationszeit des verwendeten Abdruckmaterials auf der Haut. Je länger dieses benötigt, desto mehr Zeit haben die Schweißdrüsen, ihr Exsudat in die Abformmasse einzudrücken.

Die physiologische Begründung für die Lage der Schweißdrüsen bei den Furchen kann in der Funktion der Furchen als Reservefalten bei der Dehnung der Haut gesehen werden. Die Befeuchtung der Furchen mit Schweiß scheint für die Biegsamkeit der Haut wichtig zu sein (Interpretation von D.Spruit /Th.A.Reynen (84)).

2. Altersspezifische Unterschiede

a) Grob- und Feinrelief

Schon F.Pinkus (67) gibt folgende Werte für die Breite der Papillarleisten der Hand an: Neugeborene 0,18mm, 10-jährige Kinder 0,30-0,35mm, erwachsene Frauen 0,40-0,50mm, erwachsene Männer 0,50mm.

Ch.C.Plato (69) untersuchte die Altersveränderungen an der Hautoberfläche der Palma. Er stellt eine Vermehrung von feinen Linien im Alter fest.

Das Oberflächenrelief der behaarten Haut von Neugeborenen bis 80-Jährigen wurde von H.C.Chinn/R.L.Dobson (7) überprüft, indem sie Fotografien (12,8-fache Vergrößerung) von Negativabdrücken von elf verschiedenen Hautregionen anfertigten. Sie finden nur eine geringe Abnahme der typischen Muster im Alter.

Dagegen zeigen R.M.Lavker et al. (47) (Adhäsionspräparate) und G.L.Grove et al. (23) (Replica-Methode), daß an der normalerweise bedeckten Haut (z.B. Oberarm, Nates, Abdomen) geringe Veränderungen im Alter zu erwarten sind (z.B. größere Felder und flachere Furchen), aber an den exponierten Hautregionen (z.B. Handrücken, Streckseite des Unterarms, Wange) Veränderungen der geometrischen Figuren, flachere

und deutlich weniger Furchen und fast keine pflasterstein-artigen Strukturen mehr auftreten.

Nach den Untersuchungen von P.Corcuff et al. (9) (Silikon-Negativabdrücke und Image-analysis-Technik) ergeben sich am Beispiel der Beugeseite des Unterarms im Alter tiefere Furchen und eine Abnahme der Furchendichte.

Es liegen auch mehrere Untersuchungen vor, die ein Flacherwerden der Epidermis-Cutis-Grenze im Alter (d.h. Schwund der Epithelleisten) nachweisen und damit indirekt für eine Abflachung des Oberflächenreliefs des Stratum corneum sprechen (85; 93).

b) Hornzellen

Nach R.Marks (54) nimmt die Dicke der Hornzellen im Alter ab, aber die horizontale Ausdehnung nimmt zu. Letzteres ist auch bei G.Plewig (71) untersucht. So gibt er z.B. bei den Kindern für die größte Ausdehnung der Hornzellen 34-40µm, bei den jungen Erwachsenen 34-44µm und bei den älteren Leuten 38-46µm an. Den größten Hornzellendurchmesser findet er bei einem älteren Mann, bei dem die Hornzellen der Axilla und des Abdomens eine Größe von ca. 49µm erreichen.

c) Hautanhangsgebilde

α) Haare

Nach H.J.Cramer (10) nehmen die Haare bis zum 30. Lebensjahr an Dicke und Größe zu; im Greisenalter kommt es zu einer Stärkeabnahme und zu einer Reduzierung der Haarfollikelanzahl.

β) Ekkrine Schweißdrüsen

Über die Altersveränderungen der ekkrinen Schweißdrüsen gibt es unterschiedliche Aussagen (10). Eine Reduzierung der Anzahl der Schweißdrüsen ist nicht gesichert; dagegen sind Altersstigmata der Drüsenendstücke histomorphologisch nachgewiesen (10).

III. Diskussion der eigenen Ergebnisse

1. Regionale Unterschiede

a) Grob- und Feinrelief

Beim Vergleich der verschiedenen untersuchten Hautregionen bestätigt sich die Feststellung von J.Wolf (96), daß jede Region ihr typisches Oberflächenrelief besitzt, auch wenn gewisse Ähnlichkeiten zwischen manchen Hautstellen bestehen. Nicht nur der deutliche Unterschied zwischen Leisten- und Felderhaut, sondern auch die vielfältigen Ausprägungen innerhalb der Felderhaut können als eigenständiges Muster betrachtet werden.

Zwischen der von J.Wolf (96) und von G.Wagner/R.W.Goltz (94) angeführten Gliederung der Hautoberfläche (vgl. E II.1a) und der in unserer Arbeit verwendeten Unterteilung der Felderhaut (vgl. D I.2) bestehen Übereinstimmungen. Zu J.Wolfs Einteilung ist anzumerken, daß man bei unseren Versuchspersonen ein sehr unregelmäßiges Relief weniger an der Stirn, als vielmehr am Schienbein vorfindet. Zu der von G.Wagner/R.W.Goltz zitierten Gliederung sei bemerkt, daß bei unseren Versuchspersonen auch an Streck- und Beugeseiten der Gelenke Haare nachgewiesen werden können.

Zusammenfassend seien an dieser Stelle noch einige wichtige Charakteristika der Hautoberfläche der Felderhaut herausgestellt.

Es fällt auf, daß - mit Ausnahme der Regionen Streckseite des Unterarms, Ellbogen und Schienbein - die Querfurchen breiter und tiefer sind als die Längs- und Diagonalfurchen. An manchen Hautregionen (Beugeseite des Unterarms, Ellenbeuge, Kniekehle und Achsel) wird diese starke Betonung der Querfurchen zusätzlich durch deutliche Kanten der Felder zu den Querfurchen hervorgehoben.

Eine paradoxe Ähnlichkeit bezüglich der Ausprägung der Furchen weisen das Schienbein des 24-jährigen und die Stirn des 84-jährigen Mannes auf. In beiden Hautregionen wechseln sich tiefe Furchen und aufgeworfene Falten ab und begrenzen in dieser Weise die Felder.

Die typische Felderhaut mit den quadratischen bzw. rechteckigen Feldern ist sehr deutlich an Wade, Handrücken, Unterarm (Beuge- und Streckseite) und periumbilical ausgebildet.

Die Hautoberfläche des Schienbeins zeigt bei unseren Versuchspersonen das am stärksten individuell ausgeprägte Muster.

Im Gegensatz zu F.Ch.Tring/L.B.Murgatroyd (92) finden sich keine großen individuellen Unterschiede zwischen den Bauchhautregionen der untersuchten Personen. Als Besonderheit der periumbilicalen Region seien nochmals die Dreiecke erwähnt, die zur Mitte des großen Feldes abflachen. Ein Einsinken der Felder zur Mitte hin kann gelegentlich auch an der Stirn des 6-jährigen Mädchens und am Schienbein des 24-jährigen Mannes beobachtet werden.

Als besondere Form der Felder sind die länglichen Spindeln der Ellenbeuge und der Achsel und die um die Haarfollikel stark prominenten Spindeln der Achselhaut zu nennen. Es muß allerdings angemerkt werden, daß diese Spindelform sicher durch die gestreckte Haltung des Gelenkes beim Negativabdruck (vgl. B IV) mitbestimmt wird.

Die Ausrichtung der oft rechteckigen Felder ist regional unterschiedlich. An der Wade ist die längere Seite des Rechtecks in der Längsachse des Körpers, an der Beugeseite des Unterarms und an der Stirn in der Transversalachse des Körpers gelegen. An der Streckseite des Unterarms breiten sich die Felder diagonal aus.

Auch die Feldergröße der verschiedenen Regionen variiert sehr stark. Die größten Felder werden an Ellbogen, Knie- scheibe und Handrücken gefunden, während an der Stirn die kleinsten Felder sind. Die Feldergröße der restlichen Regionen liegt dazwischen.

Ein Zusammenhang zwischen Feldergröße und Hautdicke, wie ihn G.Wagner/R.W.Goltz (94) vermuten, läßt sich beim Vergleich unserer Präparate mit der von H.Pinkus (68) angegebenen Tabelle für die Dicke der ganzen Haut, der Epidermis und der Cutis nicht herstellen.

Als besondere Unterteilung der Felder können die runden, zum Teil nur unvollständig von bogig verlaufenden Furchen begrenzten Areale angesehen werden. J.Wolf (96) nennt sie warzenartige, kreisrunde Vorwölbungen, F.Ch.Tring/L.B.Murgatroyd (92) und G.Wagner/R.W.Goltz (94) sprechen von pflastersteinartigen Formationen, und F.A.Schellander/J.T. Headington (80) vergleichen sie mit Honigwaben. Mit Ausnahme von Wade, Stirn und der periumbilicalen Region können diese Strukturen an allen von uns untersuchten Hautarealen der Felderhaut nachgewiesen werden. Allerdings nur an Ellbogen und Kniescheibe sind sie bei allen Versuchspersonen zu sehen.

G.Wagner/R.W.Goltz (94) geben für diese Formationen einen Durchmesser von 0,1-0,3mm an. Vor allem bei der 27-jährigen Frau finden sich auf unseren Präparaten Durchmesser bis zu 0,6mm.

Da diese Strukturen über den Streckseiten der Gelenke besonders dicht auftreten, ist zu vermuten, daß sie der Hornschicht einen besonderen Schutz gegenüber Verletzungen bieten. J.Wolf (96) faßt deshalb alle Hautregionen mit diesen Strukturen unter dem zweiten Grundtyp der Hautoberfläche zusammen (vgl. E II.1a).

b) Hornzellen

An der Leistenhaut zeigen sich die Hornzellen auf unseren Präparaten zum Teil überlappend (was J.Sarkany/G.A.Caron (78) bereits feststellten), zum Teil liegen sie nebeneinander. Sie lassen sich - im Gegensatz zu den Hornzellen der Felderhaut - gut voneinander abgrenzen und weisen ein unregelmäßiges Oberflächenrelief auf, das C.E.Orfanos (63) dem glatten Relief der Hornzellen der behaarten Haut gegenüberstellt. Ein besonderes Charakteristikum der sich an der Mittelfingerbeere überlappenden Hornzellen scheint die Ausrichtung des vorstehenden freien Randes nach proximal zu sein.

An der Felderhaut stellen sich die Hornzellen als glatte (vgl. (78)) Platten dar, was auf unseren Präparaten zum Teil

an Unterarm, Stirn, Kniescheibe, Ellenbeuge, Kniekehle und Achsel beobachtet werden kann. Oft läßt sich hier eine nach kranial gerichtete Anordnung des freien Randes der Hornzellen nachweisen.

An den meisten Hautarealen imponieren die Hornzellen als kleine Vorwölbungen oder Scheiben von unregelmäßiger Oberfläche. Dies wird bereits von J.Wolf (96) (sekundäres Relief), E.O.Bernstein/Ch.B.Jones (3) und K.Hashimoto/T.Kanzaki (29) beschrieben.

J.Wolf (96) fand an der Stirn keine Vorwölbung der einzelnen Hornzelle. Bei unseren Präparaten fällt auf, daß diese "Buckel" bei den Kindern und den älteren Leuten an der Stirn sehr deutlich ausgeprägt sind, während die Hornzellen bei den jungen Erwachsenen Dachziegelform aufweisen.

Mit der Replica-Methode lassen sich allerdings keine Zellgrenzen darstellen (vgl. C II.1). Dazu eignen sich Techniken, die das Stratum corneum direkt untersuchen, besser (vgl. E I). Nur wenn der Rand sich besonders markant zeigt, wie bei der dachziegelartigen Anordnung der Hornzellen, kann die Zellgrenze erkannt werden.

Soweit die Hornzellgröße aus unseren Präparaten bestimmt werden kann, liegt sie in einer Größenordnung zwischen 15 und 40µm. Diese Werte liegen unter den von G.Plewig/R.R. Marples (70) angegebenen Zahlen. Dies mag darauf zurückgeführt werden, daß es im Einzelfall bei der Replica-Methode nicht möglich ist, zu entscheiden, wie weit sich die Hornzellen überlappen. So konnte auch die sechseckige Form der Hornzelle, wie sie J.Wolf (96) angibt, nicht beobachtet werden.

Über die Oberflächenstruktur der Hornzellen kann mit der Replica-Methode keine differenzierte Betrachtung angestellt werden, außer der Unterscheidung zwischen glatt und unregelmäßig. Die in der Literatur (29; 32) beschriebenen Mikrovilli an der Oberfläche der Hornzellen konnten von uns nicht beobachtet werden.

c) Hautanhangsgebilde

α) Haare

Die von H.Oberste-Lehn/A.Nobis (60) angeführten drei Grundtypen der Haaranordnung (vgl. E II.1cα) lassen sich auf unseren Replica nachweisen.

Besonders viele Haare zeigen sich bei unseren Versuchspersonen an der Stirn. Dies deckt sich mit E.Horstmanns (35) Angaben, wonach die Haardichte an der Stirn $715/\text{cm}^2$ beträgt (zum Vergleich: Hinterhaupt $626 \text{ Haare}/\text{cm}^2$).

Allerdings ist die Replica-Methode ungeeignet zur genauen Bestimmung der Haardichte. Da die Haare, die aus Epoxidharz bestehen, bei der Herstellung der Präparate leicht abbrechen (vgl. C II.2), und die Haare bei der Vorbereitung der zu untersuchenden Hautstelle zum Teil sehr kurz abgeschnitten wurden, können die Haare nicht immer nachgewiesen werden. Die in D III.1a angeführten dünnen Haare ($\emptyset 10\text{-}25\mu\text{m}$) entsprechen wahrscheinlich den Vellushaaren, die dickeren Haare ($\emptyset 50\text{-}70\mu\text{m}$) den Terminalhaaren. Diese Durchmesser stimmen mit den von C.E.Orfanos (63) angegebenen Werten für die Haardichte überein.

In unseren Präparaten gibt es eine große Variation bezüglich der Morphologie des Infundibulums. Dies wurde bereits in D III.1a festgehalten. Bei der dort erwähnten "Auffüllung" des Infundibulums mit - von der relativ glatten Oberfläche her nicht zu identifizierendem - "Material" handelt es sich möglicherweise um Talgrete und abgestoßene Follikelepithelien (63).

Die kegelförmige, glatte Ummantelung von dünnen Haaren am Austritt aus der Haut, die wir vor allem an der Stirn beobachteten, ist vermutlich Schweiß, der an den Haaren hängt (an der Stirn gibt es sehr viele Schweißdrüsen, vgl. E III.1cββ).

β) Ekkrine Schweißdrüsen

βα) Ekkrine Schweißdrüsen der Leistenhaut

In unseren Präparaten kann die Spiralstruktur des Akrosyringium am Boden der Schweißpore an der Palmarhaut und das Ostium

des Akrosyngium nicht nachgewiesen werden. Da man hier an die Grenzen der Detailwiedergabegenauigkeit von Xantopren plus stößt, und zusätzlich Schweiß, der während des Hautabdruckes ausströmt, die Oberflächenstruktur maskiert, halte ich die Abbildung des Ostium mit der verwendeten Replica-Methode für sehr schwierig.

Eine wichtige Beobachtung auf unseren Positiven ist die sehr glatte Oberfläche am Grunde der meisten Poren. Die Vermutung liegt nahe, daß Schweiß an dieser Stelle den genauen Abdruck der darunter liegenden Zellen verhinderte. Ob nun der Schweiß wie ein dünner Film dort auf der untersuchten Haut lag, oder ob beim Auftragen des Negativabdruckmaterials eine Schweißperle quasi "platt" gedrückt wurde, läßt sich nicht eruieren. Die gleiche glatte Oberfläche finden wir auf den Schweißperlen selbst und in manchen Furchen, wo der Schweiß sich verteilt haben mag. Dies zeigt, wie Schweiß mit dieser Methode abgebildet wird.

ßß) Ekrine Schweißdrüsen der Felderhaut

Der spiralenförmige Verlauf des Akrosyngium am Boden der Pore ist in unseren Präparaten nur andeutungsweise vorhanden, und das Ostium des Ausführungsganges kann auf unseren Replica nicht identifiziert werden.

Da unsere Negative ohne Stimulation der Schweißdrüsen, also in Ruhe, abgenommen wurden, können über die Schweißdrüsendichte keine genauen Angaben gemacht werden.

Es fällt allerdings an unseren Präparaten auf, daß sich besonders viele Schweißperlen an Stirn und Axilla darstellen, wo sich neben der Leistenhaut die meisten Schweißdrüsen befinden (58).

Die Schweißperlen in der Felderhaut finden sich in unseren Präparaten meist in den Furchen und deren Kreuzungspunkten, weniger in den Feldern. Dies stimmt mit den in der Literatur (87; 89; 79; 84; 90;91) angegebenen Beobachtungen überein. Eventuelle artifizielle Lufteinschlüsse können davon nicht unterschieden werden.

Wie in der Leistenhaut (vgl. E III.1cßα) besitzen manche

Furchen eine glatte Oberfläche, was auf die Anwesenheit von Schweiß hindeutet.

γ) Apokrine Schweißdrüsen

Auf den von uns untersuchten Hautarealen sind apokrine Schweißdrüsen vor allem in der Axilla zu erwarten (5). Da sie aber in das Infundibulum des Haarfollikels münden, können ihre Ausführungsgänge mit der Replica-Methode nicht dargestellt werden. Es kann allerdings vermutet werden, daß die Schweißdrüsenknäuel, die größtenteils in der Cutis liegen (5), an den für die Axilla typischen Vorwölbungen um die Haare mitbeteiligt sind (vgl. D III.4c), da die Ausbreitung der apokrinen Schweißdrüsen in der Axilla in etwa der der Haare entspricht (5).

Apokrine Schweißdrüsen wurden auch an der Stirn und der Bauchhaut nachgewiesen (5) und sollen gelegentlich außerhalb des Infundibulums auf die Hautoberfläche münden (58). Derartige Ausführungsgänge konnten wir auf den Replica nicht finden.

2. Altersspezifische Unterschiede

a) Grob- und Feinrelief

Wie schon F.Pinkus (67) erwähnt, besitzen die Erwachsenen palmar breitere Leisten als die Kinder. Zusätzlich läßt sich bei unseren älteren Versuchspersonen feststellen, daß im Alter die Leisten noch breiter werden. Bemerkenswert ist auch, daß sich im Alter die Leisten nicht mehr durchgehend prominent darstellen, sondern von feinen Einsenkungen unterbrochen sind. Das bedeutet mehr als nur eine Vermehrung der feinen Linien, wie es Ch.C.Plato (69) beschreibt. An der Felderhaut läßt sich an mehreren Hautregionen nachweisen, wie der Abstand der Querfurchen im Laufe des Lebens größer wird. Besonders deutlich wird dies an Handrücken, Beugeseite des Unterarms, Wade, Ellbogen und Ellenbeuge, wo sich von den Kindern über die jungen Erwachsenen zu den älteren Leuten zunehmend größere Werte ergeben. Die Kinder haben auch an den meisten untersuchten Hautstellen die

kleinsten Felder (z.B. Handrücken, Streckseite des Unterarms, Wade, periumbilicale Region, Ellbogen, Ellenbeuge, Kniekehle und Achsel). An Schienbein, Stirn und Kniescheibe ergeben sich bezüglich der Feldergröße keine Unterschiede. Wenn die Furchen im Alter weiter auseinanderrücken, nimmt damit die Dichte der Furchen ab, was mit den Ergebnissen von R.M.Lavker et al. (47), G.L.Grove et al. (23) und P. Corcuff et al. (9) übereinstimmt.

Auch bei den pflastersteinähnlichen Formationen zeigen sich die kleineren Durchmesser bei den Kindern (z.B. an Handrücken, Ellbogen) - mit Ausnahme der Kniescheibe, wo die kleinsten Formationen bei den älteren Versuchspersonen zu finden sind. Entgegen der Aussage von G.L.Grove et al. (23) (vgl. E II.2a) weisen die älteren Versuchspersonen diese pflastersteinartigen Strukturen auch an den lichtexponierten Stellen (Handrücken, Ellbogen, Kniescheibe) auf. Am Schienbein besitzen nur die beiden Kinder eine deutliche Felderhaut, während bei den Erwachsenen das Oberflächenrelief sehr unterschiedlich ausgeprägt ist. Es stellt sich die Frage, ob diese Region, die im Laufe des Lebens doch immer wieder Verletzungen ausgesetzt ist, mit der Zeit die Felderstruktur verliert.

Wie schon R.M.Lavker et al. (47) und G.L.Grove et al. (23) feststellten (vgl. E II.2a), bieten manche Hautregionen unserer älteren Versuchspersonen veränderte geometrische Figuren. Die Felder sind nicht mehr quadratisch oder rechteckig, sondern bilden unregelmäßige Vier- und Fünfecke. Besonders ausgeprägt ist dies an den lichtexponierten Stellen, wie Handrücken und Streckseite des Unterarms. Die Felder variieren stark in der Größe und sind unterschiedlich prominent.

Zu regelrechten großen länglichen Falten sind die Felder der Ellenbeuge des 84-jährigen Mannes aufgeworfen. Die Interpretation von der schlaffen, in Falten gelegten Altershaut drängt sich hier auf.

Die 68-jährige Frau besitzt als einzige unserer Versuchspersonen an der periumbilicalen Region Felder, die in der

Transversalachse des Körpers eine viel größere Ausdehnung aufweisen als in der Longitudinalachse. Möglicherweise ist dies auf die Adipositas der Frau zurückzuführen.

Die Oberfläche in den einzelnen Feldern ist in den licht-exponierten Hautregionen der älteren Versuchspersonen sehr unregelmäßig strukturiert, was bei dem 84-jährigen Mann besonders ausgeprägt ist. Am Handrücken und an der Streckseite des Unterarms liegen Areale von mehreren glatten Feldern neben solchen, bei denen die Hornzellen bzw. die Hornzellverbände der Oberfläche ein schuppiges Aussehen verleihen.

An dieser Stelle sei nochmals an die kuppelartigen Vorwölbungen am Handrücken, die dachziegelartigen, großen Formationen an der Beugeseite des Unterarms und an die unterschiedlichen Strukturen an der Stirn des 84-Jährigen hingewiesen. Inwieweit es sich um aktinische Schäden handelt, ist vom Oberflächenrelief des Replicons und vom klinischen Aspekt nicht zu unterscheiden. Aufgrund der anamnestischen Angabe, daß der 84-Jährige (hellhäutig) früher Landwirt war, ist dies zu vermuten.

b) Hornzellen

Eine eindeutige Aussage über die Größenverhältnisse der Hornzellen in den verschiedenen Altersstufen kann nicht gegeben werden. Es zeigt sich allerdings eine gewisse Tendenz, daß die Hornzellen im Alter größer werden.

Die Hornzellen der Kinder sind an mehreren Hautregionen schwer bzw. nicht zu erkennen (z.B. Wade, periumbilicale Region, Kniescheibe, Ellenbeuge, Kniekehle), was darauf hindeuten mag, daß sie hier kleiner sind.

Bei den älteren Leuten dagegen zeigen sich die Umrisse der Hornzellen an den lichtexponierten Arealen besonders deutlich (z.B. Handrücken, Unterarm, Stirn).

c) Hautanhangsgebilde

α) Haare

Bezüglich der Altersveränderungen an Haaren und Haarfollikeln fällt auf, daß auf der Stirn des 84-jährigen Mannes

weniger Haare abgebildet wurden. Bei den anderen Versuchspersonen sind die Haare dicht angeordnet und mit kleinen Infundibula versehen.

Zusätzlich weist der 84-Jährige an der Stirn gebündelte Haarfollikel mit bis zu acht Haaren auf (Abb. 5), was an dieser Hautregion und auch sonst nicht auf unseren Präparaten beobachtet werden kann. Möglicherweise ist dies an dieser lichtexponierten Region auf aktinische Schädigung zurückzuführen.

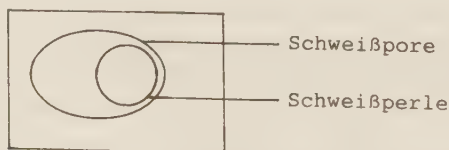
β) Ekkrine Schweißdrüsen

Wie schon in D III.1b erwähnt, besitzt der 84-jährige Mann an Stirn und Handrücken viel größere Schweißdrüsen als die übrigen Versuchspersonen.

Die Kinder zeigen durchschnittlich mehr Schweißperlen als die Erwachsenen, was durch eine erhöhte Schweißdrüsendichte bei Kindern erklärt werden kann. G.Szabó (88) wies dies am Oberschenkel von Kleinkindern und Erwachsenen nach.

F. Abbildungsverzeichnis

- Abb.1: Replicon der Mittelfingerkuppe (σ ; 25 J.):
Papillarleistenmuster mit Schweißporen.
Rasterelektronenmikroskop (REM): x40; Kippwinkel 45°.
- Abb.2: Replicon der Mittelfingerkuppe (σ ; 25 J.):
Papillarleistenmuster mit Schweißporen und -perlen;
Hornzellen nach proximal ($\hat{=}$ oben) gerichtet.
REM: x80; Kippwinkel 45°.
- Abb.3: Replicon der Mittelfingerkuppe (σ ; 84 J.):
Papillarleisten weniger prominent und von Einsenkungen unterbrochen.
REM: x35; Kippwinkel 35°.
- Abb.4: Vergrößerter Ausschnitt aus Abb.3:
REM: x55; Kippwinkel 35°.
- Abb.5: Replicon von der Stirn (σ ; 84 J.):
Drei Infundibula, wobei aus einem acht Haare hervortreten; leicht vorgewölbte Hornzellen; oben rechts im Bild: schollenartige Formation (vgl. D III.2e).
REM: x55; Kippwinkel 35°.
- Abb.6: Replicon von der Stirn (σ ; 84 J.):
Schweißpore ($\emptyset$ 200 μ m) mit Schweißperle ($\emptyset$ 96 μ m).
REM: x260; Kippwinkel 0°.



- Abb.7: Replicon von der Beugeseite des Unterarms (φ ; 27 J.):
Dachziegelartige Anordnung der Hornzellen.
REM: x500; Kippwinkel 35°.
- Abb.8: Replicon von der Wade (φ ; 6 J.):
Typische Felderhaut; breite Querfurchen; schmale Längsfurchen; + Schweißpore.
REM: x55; Kippwinkel 35°.

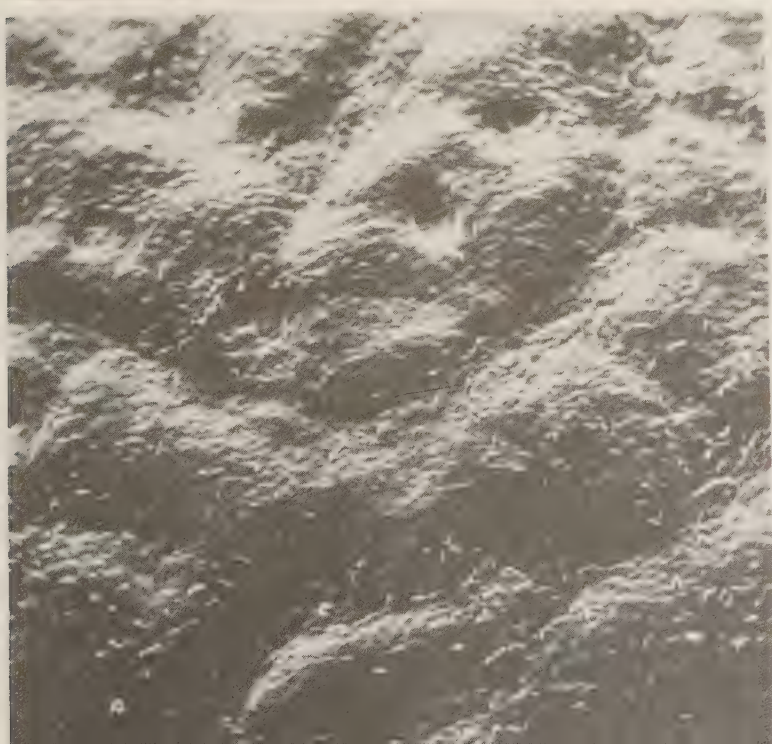
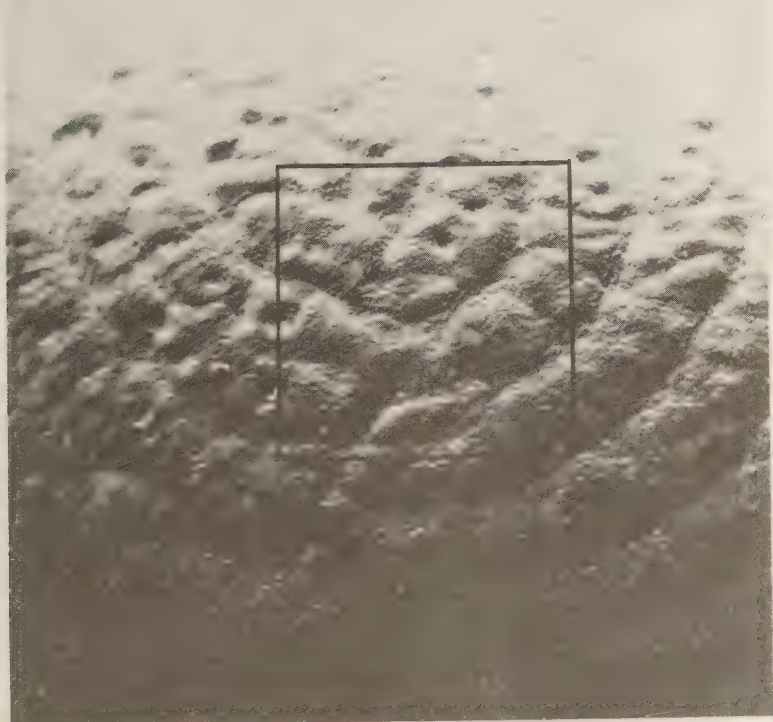
- Abb.9: Replicon von der Stirn (♀; 6 J.):
Enge parallele Querfurchen; dichte Anordnung von
Haaren; "Buckelform" der Hornzellen.
REM: x100; Kippwinkel 35°.
- Abb.10: Replicon von der Stirn (♂; 84 J.):
Falten und Furchen; Infundibula mit Haaren und
Schweißperlen; nicht identifizierbare schollige For-
mationen; "buckelförmige" Hornzellen.
REM: x54; Kippwinkel 35°.
- Abb.11: Replicon von der Stirn (♂; 84 J.):
Nicht identifizierbare schollige Formationen.
REM: x54; Kippwinkel 35°.
- Abb.12: Replicon vom Ellbogen (♀; 27 J.):
"Pflastersteine".
REM: x50; Kippwinkel 45°.
- Abb.13: Replicon von der Ellenbeuge (♀; 27 J.):
Spindelförmige Felder.
REM: x50; Kippwinkel 45°.
- Abb.14: Replicon von der Achsel (♂; 24 J.):
Spindelförmige Felder; Erhebungen in der Nähe der
Haarfollikel.
REM: x20; Kippwinkel 35°.

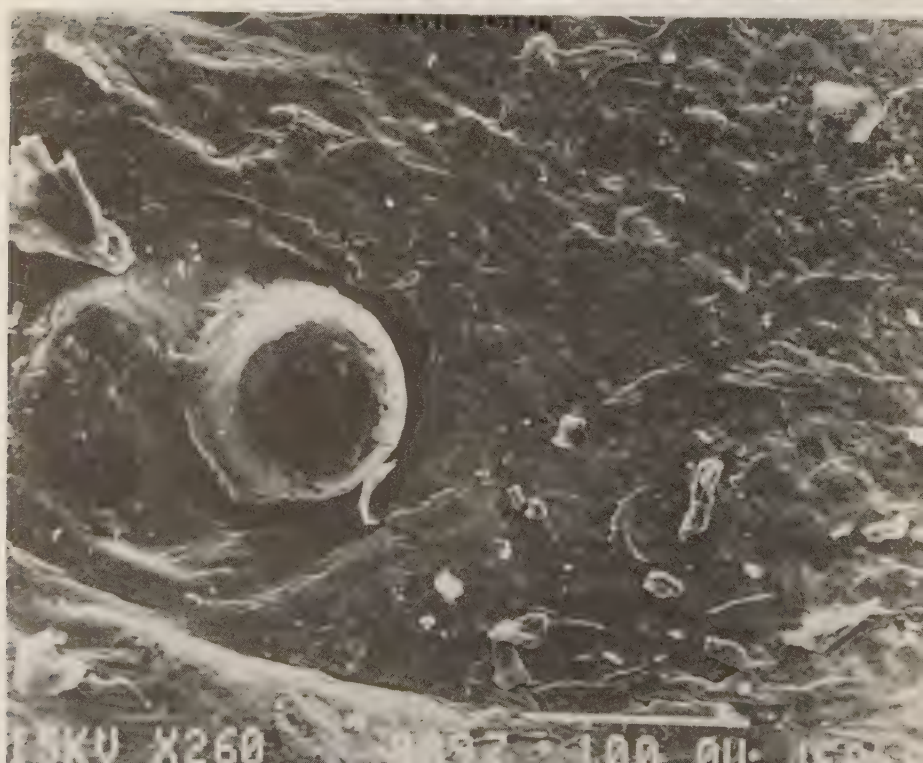
Abb. 1



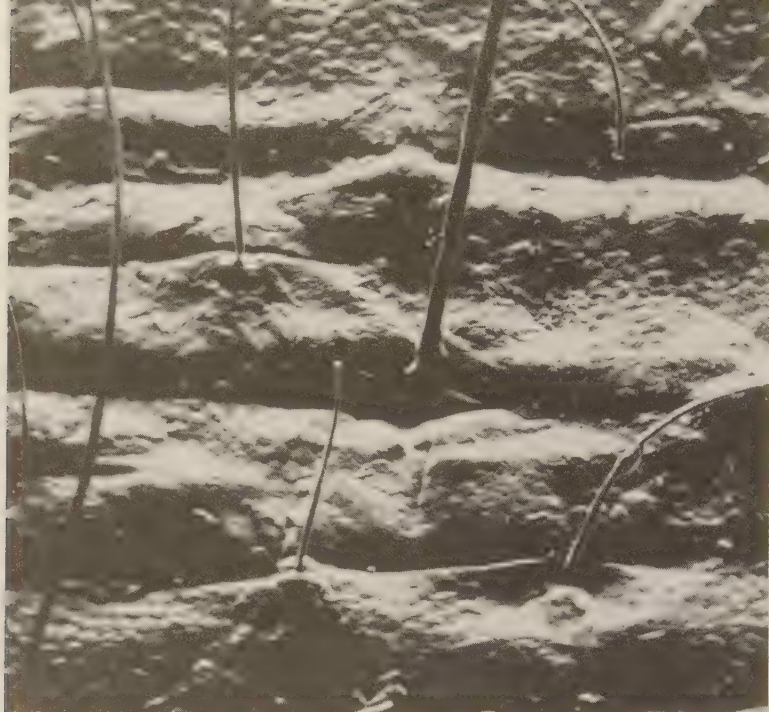
Abb. 2



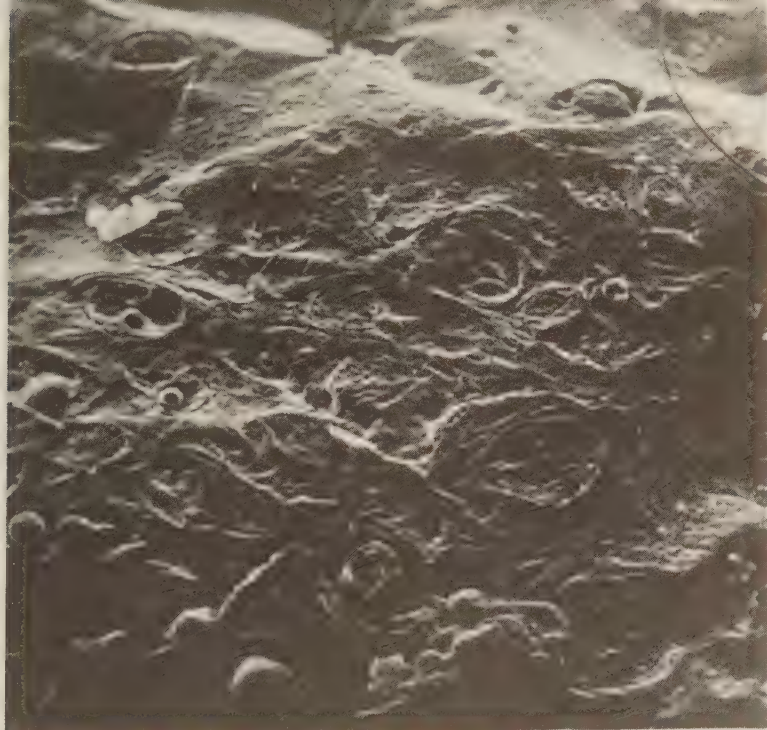








bb.11



b.12





G. Zusammenfassung

Für die Untersuchung der menschlichen Hautoberfläche mit Hilfe der Replica-Methode wurden verschiedene Materialien auf ihre Eignung als Negativ- und Positivabdruckmaterial geprüft.

Aufgrund von Verarbeitungseigenschaften und Detailwiedergabegenauigkeit wurden für das Negativ das Silikon Xantopren plus und für das Positiv das Epoxidharz Epon 812 ausgewählt.

Mit dieser Replica-Methode können das Hautoberflächenrelief (z.B. Hautfelderung, Anordnung der Hornzellen, Schätzung der Größe der Hornzellen) und die Hautanhangsgebilde (Haare, Infundibulum, Funktionszustand der Schweißdrüsen) untersucht werden. Von einem Hautareal können beliebig oft identische Replica abgenommen werden.

Bei je zwei Versuchspersonen aus drei Altersstufen wurden Replica von vierzehn verschiedenen Hautregionen angefertigt und die regionalen und altersspezifischen Unterschiede im Rasterelektronenmikroskop studiert.

Die Hautregionen Mittelfingerbeere, Wade, Stirn, Ellbogen und Achsel besitzen ein besonders charakteristisches Relief. Ähnlichkeiten im Hautrelief bestehen innerhalb folgender Gruppen von Hautregionen: Leistenhaut; Hautpartien ohne Bezug zu den Gelenken; Hautpartien an den Streckseiten der Gelenke; Hautpartien an den Beugeseiten der Gelenke.

Die größten Felder werden an Ellbogen, Kniescheibe und Handrücken gefunden, während an der Stirn die kleinsten Felder vorhanden sind.

Als besondere Struktur innerhalb der Felderhaut zeigen sich in vielen Hautregionen pflastersteinartige Formationen. Die Hornzellen stellen sich meist als kleine Vorwölbungen oder als flache, zum Teil sich dachziegelartig überlappende Scheiben dar.

Bezüglich der Hautanhangsgebilde fällt die große Variation der Morphologie des Infundibulum und die charakteristischen, meist mit glatter Oberfläche versehenen Schweißporen an

Leisten- und Felderhaut auf.

Beim Vergleich der verschiedenen Altersstufen ergab sich im Alter eine Abflachung und Vergrößerung des Hautreliefs, besonders in den lichtexponierten Hautarealen. Bezüglich der Hornzellen zeigt sich eine gewisse Tendenz, daß sie im Alter größer werden.

Bei der Replica-Methode handelt es sich um eine nicht-invasive Methode, die in vivo durchgeführt wird. Verbunden mit der rasterelektronenmikroskopischen Untersuchung stellt sie eine wichtige Ergänzung zu den bisher verwendeten Methoden zur Untersuchung der Hautoberfläche dar.

H. Literaturverzeichnis

1. American Dental Association, Guide to dental materials and devices. Spezifikationen Nr.11,18,19. Chicago 1968/69.
2. Bandmann, H.-J., Makroskopische Anatomie der Haut, in: Dermatologie in Praxis und Klinik, Bd.I, hrsg. von Korting, G.W., Stuttgart/New York 1980.
3. Bernstein, E.O., Skin Replication Procedure for the Scanning Electron Microscope, in: Science 166 (1969),252-253.
4. Blaschko, A., Beiträge zur Anatomie der Oberhaut, in: Arch.Mikr.Anat. 30 (1887), 495-528.
5. Braun-Falco, O., M.Rupec, Apokrine Schweißdrüsen, in: Handbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten von J.Ja-dassohn, Ergänzungswerk I.1, Normale und pathologische Anatomie der Haut I, hrsg. von O.Gans, G.K.Steigleder, Berlin usw. 1968.
6. Braun-Falco, O., G.Plewig, H.H.Wolff, Dermatologie und Venerologie, Berlin usw. 1984.
7. Chinn, H.D., R.L.Dobson, The Topographic Anatomy of Human Skin, in: Arch.Dermatol.89 (1964), 267-273.
8. Cook, Th., Profilometry of skin - A useful tool for the substantiation of cosmetic efficacy, in: J.Soc.Cosmet.Chem. 31 (1980), 339-359.
9. Corcuff, P. et al., Skin relief and aging, in: J.Soc. Cosmet.Chem. 34 (1983), 177-190.
10. Cramer, H.-J., Die Altersveränderungen der Haut, in: Handbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten von J.Ja-dassohn, Ergänzungswerk I.1, Normale und pathologische Anatomie der Haut I, hrsg. von O.Gans, G.K.Steigleder, Berlin usw. 1968.
11. Cseplák, G. et al., Neue Verfahren zur Dokumentation der Oberfläche gesunder und kranker Haut, in: Arch.klin.exp. Dermatol. 228 (1967), 414-420.
12. Cunliffe, W.J., R.A.Forester, M.Williams, A surface microscope for clinical an laboratory use, in: Br.J.Derm.90 (1974), 619.

13. Dawber, R.P.R., R.Marks, J.A.Swift, Scanning Electron Microscopy of the Stratum corneum, in: Br.J.Derm. 86 (1972), 272-281.
14. Eichner, K., Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung, Bd. 1, Heidelberg 1981, S.45-70.
15. Ellis, R.A., Eccrine Sweat Glands: Electron Microscopy Cytochemistry and Anatomy, in: Handbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten von J.Jadassohn, Ergänzungswerk I.1, Normale und pathologische Anatomie der Haut I, hrsg. von O.Gans, G.K.Steigleder, Berlin usw. 1968.
16. Epstein, E., Fast reliable photography of the dermatologist, in: Int.J.Derm. 16 (1977), 134-142.
17. Facq, J., D.L.Kirk, G.Rebell, A simple replica technique for the observation of human skin, in: J.Soc.Cos.Chem. 15 (1964), 87-98.
18. Forck, G. et al., Zur Rasterelektronenmikroskopischen Darstellung der Hautoberfläche mittels Abdruckverfahren, in: Arch.Derm.Forsch. 244 (1972), 92-94.
19. Franchimont, C., The stratum corneum xerotic from aging and photochemotherapy (PUVA). A study by scanning electron microscopy, in: Am.J.Dermatopathol. 2(1980),295-304.
20. Frick, H., H.Leonhardt, D.Starck, Allgemeine Anatomie. Spezielle Anatomie I, Stuttgart 1977.
21. Fujita, T., J.Tokunaga, H.Inoue, Scanning Electron Microscopy of the Skin Using Celluloid Impressions, in: Arch.histol.jap. 30 (1969), 321-326.
22. Goldschmidt, H., A.M.Kligman, Exfoliative Cytology of Human Horny Layer, in: Arch.Derm. 96 (1967), 572-576.
23. Grove, G.L. et al., Use of nonintrusive tests to monitor age-associated changes in human skin, in: J.Soc.Cosmet. Chem. 32 (1981), 15-26.
24. Grove, G.L., Techniques for Substantiating Skin Care Product Claims, in: Safety and efficacy of topical drugs and cosmetics, hrsg. von A.M.Kligman/J.J.Leydon, New York/London 1984.
25. Hambrick, G.W., H.Blank, Whole mounts for the study of skin and its appendages, in: J.Invest.Derm. 23 (1954),437-453.

26. Hasunova, S., Hautrelief-Typen, in: Arch.klin.exp. Dermatol. 208 (1958), 1-23.
27. Harris, D.R., B.F.Polk, I.Willis, Evaluating Sweat Gland Activity With Imprint Techniques, in: J.Invest. Dermatol. 58 (1972), 78-84.
28. Hashimoto, K., New methods for surface ultrastructure: comparative studies of scanning electron microscopy, transmission electron microscopy and replica method, in: Int.J.Derm. 13 (1974), 357-381.
29. Hashimoto, K., T.Kanzaki, Surface Ultrastructure of Human Skin, in: Acta Dermatovener (Stockholm) 55 (1975), 413-430.
30. Hashimoto, K., The apocrine gland, in: The physiology and pathophysiology of the skin, Vol.5, hrsg. von A. Jarrett, London/New York/San Francisco 1978.
31. Hashimoto, K., The eccrine gland, in: The physiology and pathophysiology of the skin, Vol.5, hrsg. von A. Jarrett, London/New York/San Francisco 1978.
32. Heilmann B.B., F.Ryckmanns, G.Plewig, Scanning Electron Microscopy of Human Corneocytes, in: Stratum Corneum, hrsg. von R.Marks/G.Plewig, Berlin/Heidelberg 1983.
33. Hildenbrand, G., Chemie der Kunst- und Farbstoffe, Freiburg 1976.
34. Hoppe, U., Topologie der Hautoberfläche, in: J.Soc. Cosmet.Chem. 30 (1979), 213-239.
35. Horstmann, E., Die Haut, in: Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen III/3. 1957, S. 1-276.
36. Hundeiker, M., K.Brehm, Hautrelief und Capillararchitektur, in: Arch.Derm.Forsch. 242 (1971), 78-86.
37. Ito, K., Der Wert des plastischen Hautabdruckes in der Dermatologie, in: Z.Hautkr. 25 (1958), 2-6.
38. Johnson, C., R.Dawber, S.Shuster, Surface Appearances of the Eccrine Sweat Duct by Scanning Electron Microscopy, in: Br.J.Derm. 83 (1970), 655-660.
39. Jurkas, L., L.Bartošová, Veränderungen des Hautreliefs nach Dermabrasion, in: Der Hautarzt 16 (1965), 356-359.

40. Kassenbeck, P., Ausschnitte aus dem Arbeitsbereich des Institutes. Beispiele angewandter Forschung 1970/71, in: Jahrbuch der Fraunhofer-Gesellschaft e.V.
41. Kassenbeck, P., Neukirchner, A., Abdruck-Verfahren in der Rasterelektronenmikroskopie und ihre spezielle Anwendung auf dem Gebiet der Dermatologie, in: Fortschritte der Medizin 95 (1977), 776-781.
42. Klaschka, R., Arbeitsphysiologie der Hornschicht in Grundzügen, in: Handbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten von J.Jadassohn, Ergänzungswerk I.4a, Normale und pathologische Physiologie der Haut II, hrsg. von E.Schwarz/H.W.Spier/G.Stüttgen, Berlin usw. 1979.
43. Kligman, A.M., The biology of the stratum corneum, in: The Epidermis, hrsg. von W.Montagna/W.C.Lobitz jr., New York 1964, 387.
44. Kligman, A.M., R.M.Lavker, Some aspects of dry skin and its treatment, in: Safety and efficacy of topical drugs and cosmetics, hrsg. von A.M.Kligman/J.J.Leyden, New York/London 1982.
45. Kuokkanen, K., Replica Reflection of Norma Skin and of Skin with Disturbed Keratinization, in: Acta Dermatovener (Stockholm) 52 (1972), 205-210.
46. Kopp, F., Abdruckmethoden, in: Schwerpunkte der modernen Kronen- und Brückenprothetischen Behandlung, hrsg. von P.Schärer u.a., Berlin 1979.
47. Lavker, R.M., F.Kwong, A.M.Kligman, Changes in skin surface patterns with age, in: J. of Geront. 35 (1980), 348-354.
48. Makki, S., J.C.Barbenel, P.Agache, A Quantitative Method for the Microtopography of Human Skin, in: Acta Dermatovener (Stockholm) 59 (1979), 285-291.
49. Makki, S. et al., Statistical analysis of three dimensional representation of the human skin surface, in: J.Soc.Cosmet. Chem. 35 (1984), 311-325.
50. Marghescu, S., H.H.Wolff, Untersuchungsverfahren in Dermatologie und Venerologie, München 1977.
51. Marks, R., R.P.R.Dawber, Skin Surface Biopsy: An Improved Technique for the Examination of the Horny Layer, in: Br.J.Derm. 84 (1971), 117-123.
52. Marks, R., T.Saylan, The Surface Structure of the Stratum Corneum, in: Acta Dermatovener (Stockholm) 52 (1972), 119-124.

53. Marks, R., Measurement of biological ageing in human epidermis, in: Br.J.Derm. 104 (1981), 627-633.
54. Marks, R., G.Plewig, Stratum Corneum, Berlin usw. 1983.
55. Montagna, W., Histological, histochemical and pharmacological properties, in: Advances in biology of skin, Vol.III, hrsg. von W.Montagna/R.Ellis/A.F.Silver, Oxford usw. 1962.
56. Montagna, W., K.Carlisle, Structural changes in aging human skin, in: J.Invest.Dermatol. 73 (1979), 47-53.
57. Murahata, R.I. et al., Evaluation of hydration state and surface defects in the stratum corneum: Comparison of computer analysis and visual appraisal of positive replicas of human skin, in: J.Soc.Cosmet.Chem. 35 (1984), 327-338.
58. Moschella, S.L., H.J.Hurley, Dermatology, Vol.1, London usw. 1985.
59. Nickel, D., Untersuchung über die Beeinflussung des Zahnarztes bei der Wahl seiner Abformmaterialien durch Zahntechniker und Dentaldepots. Dissertation, Universität Hamburg, Fachbereich Medizin 1976.
60. Oberste-Lehn, H., A.Nobis, Die Haaranordnung beim Menschen und bei einigen Säugetieren, in: Z.Anat.Entwickl.-Gesch. 123 (1963), 589-642.
61. Oberste-Lehn, H., Ch.Alberti, Die Häufigkeit der Schweißdrüsen und die Alterung des Menschen, in: Arch.klin.exp. Derm. 227 (1966), 342-346.
62. Orfanos, C.E., R.Christenhusz, G.Mahrle, Die normale und psoriatische Hautoberfläche. Vergleichende Beobachtungen mit dem Raster-Elektronenmikroskop, in: Arch.klin.exp. Derm. 235 (1969), 285-294.
63. Orfanos, C.E., Die Oberfläche der Haut und ihrer Anhangsgebilde im Stereoelektronenmikroskop. Krankhafte Veränderungen und Einwirkung exogener Noxen, in: Arch.Derm. Forsch. 244 (1972), 80-85.
64. Orfanos, C.E., Ergebnisse und Fortschritte der Raster- und analytischen Elektronenmikroskopie in der Dermatologie, in: Der Hautarzt 27 (1976), 261-271.

65. Orfanos, C.E. (Hrsg.), Haar und Haarkrankheiten.
Stuttgart 1979.
66. Papo, Ch.M., B.Farber, Direct Scanning Electron Microscopy of Human Skin, in: Arch.Derm. 104 (1971), 262-270.
67. Pinkus, F., Die normale Anatomie der Haut, in: Handbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten von J.Jadassohn, Bd.I.1: Anatomie der Haut, hrsg. von B.Bloch/F.Pinkus/W.Spaltenholz, Berlin 1927.
68. Pinkus, H., Die makroskopische Anatomie der Haut, in: Handbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten von J. Jadassohn, Ergänzungswerk I.2, hrsg. von O.Gans/G.K. Steigleder: Normale und pathologische Anatomie der Haut II, Berlin usw. 1964.
69. Plato, Ch.C., Dermatoglyphics and aging, in: J. of Geront. 33 (1978), 31-38.
70. Plewig, G., R.R.Marples, Regional Differences of Cell Sizes in the Human Stratum Corneum. Part I, in: J.Invest.Dermatol. 54 (1970), 13-18.
71. Plewig, G., Regional Differences of Cell Sizes in the Human Stratum Corneum. Part II, in: J.Invest.Dermatol. 54 (1970), 19-23.
72. Plewig, G. et al., Thickness of Corneocytes, in: Stratum Corneum, hrsg. von R.Marks/G.Plewig, Berlin usw. 1983.
73. Priester, E.S., Das Dermatogramm, ein Hilfsmittel bei der Diagnostik von Hautkrankheiten, in: Z.Therapie 5 (1907), 362-373.
74. Rupec, M., Mikroskopische und elektronenmikroskopische Anatomie der Haut, in: Dermatologie in Praxis und Klinik Bd.I, hrsg. von G.W.Korting, Stuttgart/New York 1980.
75. Ryan, R.L., S.A.O.Hing, R.F.Theiler, A replica technique for the evaluation of human skin by scanning electron microscopy, in: J.cutan.Path. 10 (1983), 262-276.
76. Sarkany, I., A Method for Studying the Microtopography of the Skin, in: Brit.J.Derm. 74 (1962), 254-259.
77. Sarkany, I., S.Shuster, M.C.Stammers, Occlusion of the Sweat Pore by Hydration, in: Br.J.Derm. 77 (1965), 101-104.

78. Sarkany, I., G.A.Caron, Microtopography of the human skin (Studies with metal-shadowed replicas from plastic impressions), in: J.Anat. 99 (1965), 359-364.
79. Sarkany, I., P.Gaylarde, A Method for Demonstration of Sweat Gland Activity, in: Br.J.Derm. 80 (1968), 601-605.
80. Schellander, F.A., J.T.Headington, The stratum corneum - Some structural and functional correlates, in: Br.J. Derm. 91 (1974), 507-515.
81. Scheuplein, R.J., Mechanism of percutaneous absorption, in: J.invest.Derm. 48 (1967), 79-88.
82. Serup, J., Localized Scleroderma (Morphoea): Studies of eccrine sweat gland function and skin microtopography, in: J.Derm. 11 (1984), 269-276.
83. Siebentritt, C.R., An Apparatus for the Examination and Photography of the Cutaneous Surface at Moderate Magnifications, in: J.Invest.Dermatol. 13 (1949), 281-288.
84. Spruit, D., A.Th.A.Reijnen, Pattern of sweat gland activity on the forearm after pharmacologic stimulation, in: Acta Dermatovener (Stockholm) 52 (1972), 129-135.
85. Ströbel, H., Die Gewebsveränderungen der Haut im Verlaufe des Lebens, in: Arch.Derm.Syph.(Berl.) 186 (1948), 638-668.
86. Stüttgen, G., H.Schaefer, Funktionelle Dermatologie. Grundlagen der Morphokinetik, Pathophysiologie, Pharmakanalyse und Therapie von Dermatosen. Berlin usw. 1974.
87. Sutarman, M.L.Thomson, A new technique for enumerating active sweat glands in man, in: J.Physiol. 117 (1952), 51-52.
88. Szabó, G., The number of eccrine sweat glands in human skin, in: Advances in biology of skin, Bd. 3 hrsg. von W.Montagna/R.A.Ellis/A.F.Silver, Oxford 1962, S. 1.
89. Takahashi, Y., M.Wada, The permanent recording of sweat by plastic impression, in: J.Invest.Derm. 38 (1962), 197-198.
90. Thiele, F.A.J., Die Funktion der ekkrinen Schweißdrüse in der Temperaturregelung des Menschen, in: Z.Hautkr. 51 (Suppl. 2) (1976), 71-80.

91. Thiele, F.A.J., D.A.Reay, J.W.H.Mali, A possible Contribution to Heat Transfer Through the Human Skin by the Eccrine (Atrichial) Sweat Gland, in: Handbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten von J.Jadassohn, Ergänzungswerk I/4B. Normale und pathologische Physiologie der Haut II, hrsg. von G.Stüttgen/H.W.Spier/F.Schwarz, Berlin usw. 1981.
92. Tring, Ch.F., L.B.Murgatroyd, Surface Microtopography of Normal Human Skin, in: Arch.Dermatol. 109 (1974), 223-226.
93. Wagner, G., Altersveränderungen der Haut. Altersdermatosen, in: H.A.Gottron/W.Schönfeld, Dermatologie und Venerologie, Bd.IV, Stuttgart 1960, S. 756-830.
94. Wagner, G., R.W.Goltz, Human Cutaneous Topography, in: Cutis 23 (1979), 830-842.
95. Wellinger, K., E.Krägeloh, Werkstoffe und Werkstoffprüfung. Grundlagen. Reinbek 1971 (= rororo Technik-Lexikon 2,4).
96. Wolf, J., Das Oberflächenrelief der menschlichen Haut, in: Z.mikr.-anat.Forsch. 47 (1940), 351-400.
97. Wolf, J., Über die Herstellung mikroskopischer Präparate der Oberflächen verschiedener Objekte mit Hilfe der Adhäsionsmethode, in: Z.f.wiss.Mikrosk. 56 (1940), 181-201.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei meinem Doktorvater, Herrn Prof.Dr.med.Dr.h.c. O. Braun-Falco für die freundliche Überlassung des Themas und seine Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit bedanken.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr.med. F. Ryckmanns für die immer freundliche Beratung und Betreuung.

Herzlich danken darf ich auch Herrn Ch. Grosse und Frau U. Weinhardt, die mir beim Arbeiten am Rasterelektronenmikroskop zur Seite standen, und auch Fräulein E.Januschke und Frau I. Pfab, die mir bei der Herstellung der Replica behilflich waren.

Schließlich möchte ich auch Herrn Prof.Dr.med. R. Wetzstein und seinem Nachfolger Herrn Prof.Dr.rer.nat.Dr.med. U.Welsch dafür danken, daß ich das Rasterelektronenmikroskop der Anatomischen Anstalt benutzen durfte.

Lebenslauf

Am 28. Dezember 1959 wurde ich in Augsburg geboren, als Kind des Justizbeamten Johann Kaim und seiner Frau Martina, geb. Landherr.

In Dillingen an der Donau besuchte ich die Grundschule (1966 bis 1970) und das Musische Gymnasium (1970 bis 1979).

Nach dem Abitur begann ich im Oktober 1979 das Studium der Humanmedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Im August 1981 legte ich die Ärztliche Vorprüfung ab, im August 1982 den 1. Abschnitt, im August 1984 den 2. Abschnitt, und im Oktober/November 1985 den 3. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung.

Im Praktischen Jahr war ich an folgenden Kliniken tätig:

- Schwabinger Krankenhaus, München: Chirurgie, Innere Medizin;
- Dermatologische Klinik und Poliklinik der Universität München: Dermatologie;
- Guy's Hospital, London: Innere Medizin.

Am 13. November 1985 wurde mir die Approbation als Arzt erteilt.

Im Jahr 1981 heiratete ich Martin Kampik, geb. am 23.4.1959.

